

TARTU ÜLIKOOL

Spordibioloogia ja füsioteraapia instituut

Julia Kirpu

**Närvi-lihasaparaadi väsimuse ja eeskäe topspinni
täpsuse seosed lauatennise noormängijatel**

Magistritöö

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendaja: lektor Jaan Ereline, PhD

Kaasjuhendaja: dotsent Jarek Mäestu, PhD

Tartu 2014

Sisukord

Sissejuhatatus	- 3 -
1. Kirjanduse ülevaade.....	- 4 -
1.1. Lauatennise üldiseloostus	- 4 -
1.1.1. Lauatennisistide antropomeetrilised näitajad	- 5 -
1.1.2. Lauatennisistide füsioloogiline iseloostus.....	- 7 -
1.1.3. Eeskäe topspin lauatenises.....	- 12 -
1.2. Elektromüograafia kasutamine lauatenises.....	- 14 -
2. Töö eesmärk ja ülesanded.....	- 18 -
3. Metoodika.....	- 19 -
3.1. Vaatlusalused	- 19 -
3.2. Uuringu üldine korraldus	- 19 -
3.3. Uurimismeetodid	- 20 -
3.3.1. Käe- ja silmade koordineerimise testimine	- 20 -
3.3.2. Käe pigistussõu määramine	- 20 -
3.3.3. Müomeetrilised uuringud	- 21 -
3.3.4. Elektromüograafilised uuringud	- 22 -
3.3.5. Lauatennise testid pallirobotiga.....	- 23 -
3.3.6. Pingutuse astme määramine	- 26 -
3.3.7. Andmete statistiline analüüs.....	- 27 -
4. Töö tulemused	- 28 -
4.1. Käe- ja silmade koordineerimise test.....	- 28 -
4.2. Käe pigistussõud	- 28 -
4.3. Müomeetrilised uuringud.....	- 29 -
4.4. Lauatennise testid	- 30 -
4.5. Elektromüograafilised uuringud	- 31 -
4.6. Pingutuse aste	- 37 -
4.7. Korrelatiivsed seosed	- 38 -
5. Tulemuste arutelu.....	- 40 -
6. Järeldused	- 43 -
7. Kasutatud kirjandus	- 44 -
Summary	- 47 -

Sissejuhatus

Lauatennis on sportmäng, mida mängitakse reketi ja palliga, mille läbimõõt on 40 mm. Lauatennise sünnimaaks peetakse Jaapanit (Eesti Entsüklopeedia, 1990). Mäng sai populaarseks Suurbritannias 1880-ndatel ja levis sealtkaudu üle maailma.

Jaapani lauatennisemängija Ichiro Ogimura, kes on maailmameistrivõistlustelt võitnud kaksteist tiitlit, on öelnud: „Lauatennis on nagu male, aga saja meetri jooksu tempos“ (Kasai jt., 2010). Lauatennises on liikumist ette, taha, kõrvale, samuti tuleb palli tabamiseks kasutada erinevaid tehnikaid, ja mis kõige olulisem – tuleb teha kiire otsus vastavalt vastase sooritatud löögile. Seepärast on väga olulised mängija reaktsiooniaeg ja löögi sooritamise täpsus. Veel on tähtsad vastase tegevuse analüüsimisoskus ning oskus vajadusel muuta oma mängutaktikat.

Lauatennist on teaduskirjanduses siiani suhteliselt vähe uuritud. Eestis pole lauatennise valdkonnas seniajani lihasväsimuse teemalisi uuringuid läbi viidud. Sarnaselt on maailmaski üpris vähe uuringuid lauatennisistide funktsionaalse võimekuse kohta. Kasai jt. (1994) uurisid südameveresoonkonna reaktsiooni treeningule ja mängule ning järeldasid, et need harjutused, mis kestavad katkematult kaks minutit, on mängijatele väga kurnavad. Yoshida jt. (2010) uuringust selgus, et elektromüograafiat saab kasutada erisuguste tehnikate uurimiseks lauatennises. Tsai jt. (2010) uurisid lihaste aktivatsiooni erineva vindisusega servide vastuvõtul ja leidsid, et lihaste aktiveerumise ulatus on erinev.

Hetkel puuduvad kirjanduses andmed noormängijate treeningutest ja lihasväsimuse näitajate kohta. Selleks, et treenerid ja mängijad teaksid, missugune võiks olla efektiivne treening eeskäe topspinni sooritamiseks, oleks aga tarvis uurida:

1. millised lihased väsivad kiiremini;
2. kui kiire on väsimuse teke;
3. kuidas väsimus mõjutab löögi täpsust.

Käesoleva uuringu eesmärgiks on välja selgitada nelja lihase (trapetslihase ülemise ja alumise osa, õlavarre kakspealihase ja suure rinnalihase) väsimust ja nende seost eeskäe topspinni sooritamisel kuni 18. aastastel poistel. Töö tulemusi saavad kasutada lauatennise treenerid ning mängijad treeningute efektiivsuse tõstmiseks.

Kiirus – Tippmängijate puhul võib lauatenise mängus palli liikumise kiirus küündida kuni 35 m/s. Kuna pall on kerge (2,7 grammi) ja väike, siis palli vindisus võib olla kuni 151 pöört sekundis (Tang jt., 2002). Mängija peab pidevalt olema tähelepanelik, kuna tal on ainult 0,2-0,4 sekundit aega, et analüüsida löödava palli suunda ja kiirust. Seetõttu on lauatenisisti motoorne käitumine seotud ka reaktsiooniga (Lapszo, 2002). Mängijad reageerivad vastase löödud pallile ja sooritavad vastulöögi. Palli löömisega kaasneb keha liikumine. Selleks ongi vajalik liigutuste kiirus, mis on kõige tähtsam faktor efektiivseks ja edukaks mänguks (Lapszo, 2002).

Jõud - Treenerid suhtuvad võrdlemisi negatiivselt jõuvõimete arendamisesse lauatenises. Arvatakse, et jõud pärssib peenmotoorika tegevust, sealhulgas ka löögi tunnetust (Kondric jt., 2010). Samas võib arvata, et lauatenises pole võiduks vaja ainult suurepärase tehnikat ja taktikat, vaid ka jõudu. Jõudu on vaja jalgade liikumisel ja palli löömisel.

Vastupidavus – Uuringud on näidanud, et tippmängijatel on tavaliselt suhteliselt kõrge vastupidavuse tase (Weber, 1985). Vastupidavus on omadus, mis aitab mängijal paremini taluda suurt kiirust löökidevahetusel. Samuti aitab kõrge vastupidavuse tase paremini vastu seista väsimusele, eriti just pikemate pallivahetuste ajal.

Paindumus – Seda on vaja suure amplituudiga liigutuste tegemisel, näiteks topspinni löömisel või jalgade liikumisel (Zhang, 2010).

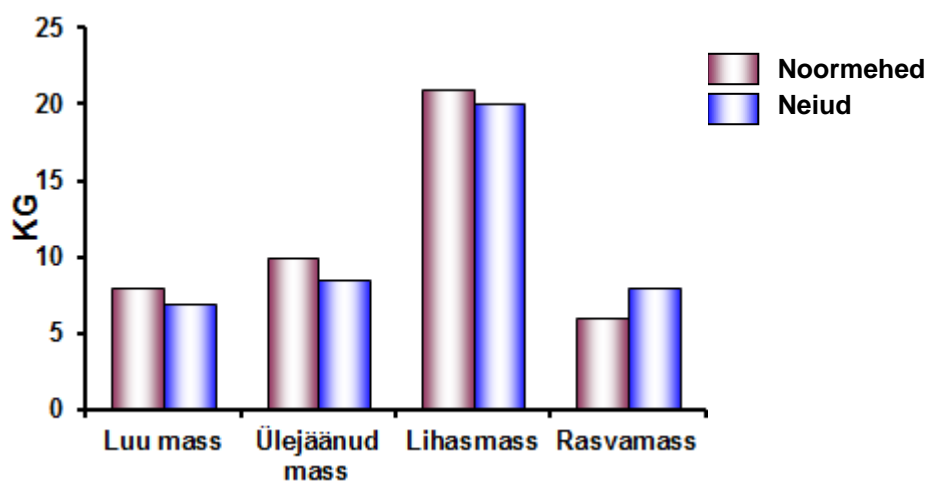
Osavus ja koordineerimine – Need võimekused on samuti tähtsal kohal, eriti erinevate liigutustekomplekside tegemisel (Kondric jt., 2010).

1.1.1. Lauatenisistide antropomeetrilised näitajad

Lauatenisistide antropomeetrilisi näitajaid on uuritud suhteliselt vähe. Carrasco jt. (2012) uurisid 11.-13. aastaste Euroopa paremiku kuuluvate mängijate antropomeetrilisi näitajaid. Uuringute käigus mõõdeti kehamassi, pikkust ja kehamassi indeksit. Tulemused näitasid, et noored lauatenisemängijad olid väikese kehamassiga ja keskmist kasvu, kusjuures antud uuringus osalenud neid olid pikemad kui noormehed. Noormeeste lihasmass ületas neidude oma, aga viimati mainitudel oli suurem rasvamass. Eeltoodust nähtub, et noormehed ja neid ei erine oluliselt oma ealiste arenguperioodide poolest. Põhilised uuringu tulemused on esitatud Tabelis 1. ja Joonisel 2.

Tabel 1. Euroopa noorte lauatennisistide antropomeetrilised näitajad (Carrasco jt., 2012).

Mängijad	Vanus (a)	Kehamass (kg)	Pikkus (cm)	Kehamassi indeks (kg/m ²)
Noormehed (20)	12,06 ± 0,8	41,8 ± 4,83	151	18,33 ± 2,19
Neiud (15)	11,94 ± 0,73	41,75 ± 8,59	153	17,98 ± 2,4
Keskmine	12,00 ± 0,77	42,27 ± 6,98	152	18,16 ± 2,31



Joonis 2. Kehamassi jagunemine lauatennise noormängijatel (Carrasco jt., 2012).

Yuza jt. (1992) uurisid antropomeetrilisi ja füsioloogilisi näitajaid neljal Jaapani lauatennise tippmängijal. Tulemused näitasid (vt. Tabel 2.), et lauatennisistid on suhteliselt lühikest kasvu ja väikese kehakaaluga. Täiskasvanud mängijate maksimaalne südamelöögisagedus on 197 lööki/min ja maksimaalne hapnikutarbimine on suhteliselt madal - 3,67 l/min.

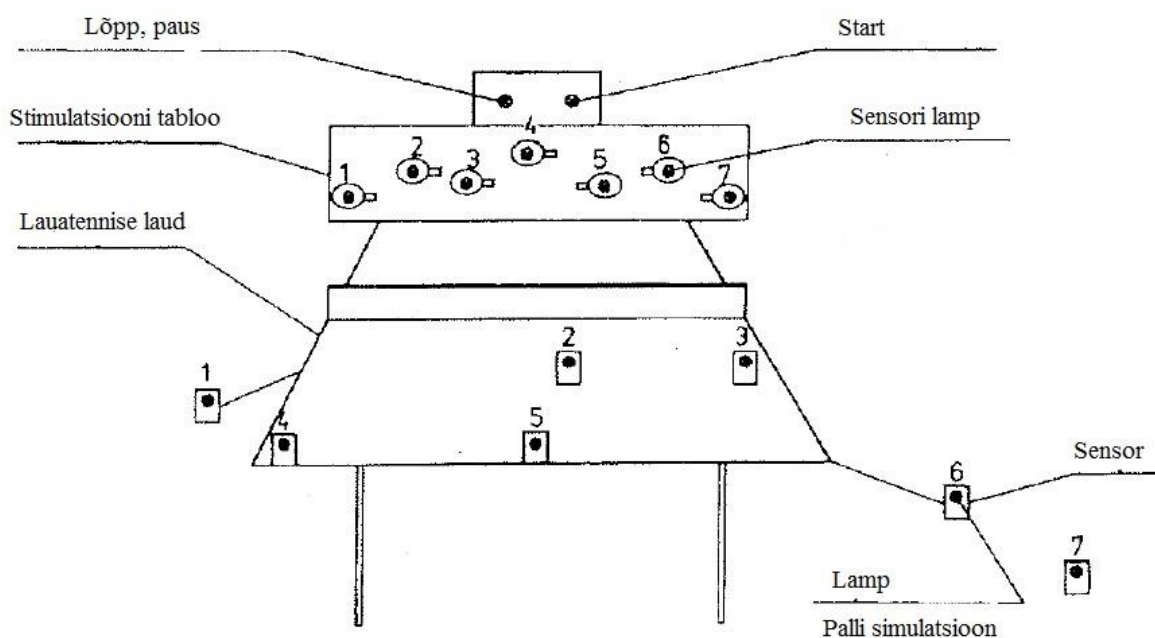
Tabel 2. Jaapani lauatennisistide antropomeetrilised näitajad (Yuza jt., 1992).

Mängija	Vanus (a)	Pikkus (cm)	Kaal (kg)	SLS max (lööki/min)	VO ₂ max (l/min)
A	27	166,1	59,8	205	3,65
B	25	177,3	61,5	193	3,6
C	24	169,4	63,5	196	3,86
D	30	172	61,5	194	3,56
Keskmine	26,5	171,2	61,6	197	3,67

1.1.2. Lauatennisistide füsioloogiline iseloomustus

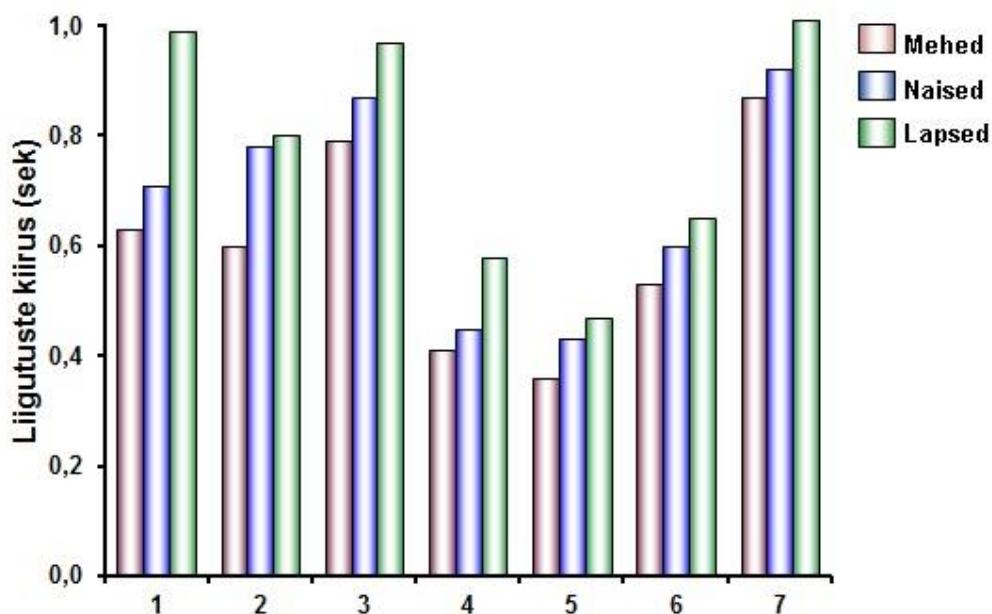
Lauatennisistide füsioloogiliste parameetrite paremaks iseloomustamiseks on esitatud uuringud kiiruse, koordineerimise, täpsuse ja vastupidavuse valdkondadest.

Lapszo (2002) viis läbi uuringu, mille eesmärgiks oli tutvustada sellist mudelit, mis testiks lauatenisisti järjestikkuseid liigutusi ning mõõta kiirusi, mis esinevad erinevate liigutuste tegemisel. Uuringus osales 42 mängijat. Kümme neist olid Poola rahvuskoondise meesmängijat, neli kõrgel tasemel mängivat naismängijat ja 28 last, kelle vanuseks oli 13.-15. aastat. Antud uuringus kasutati mõõtmiseks lauatenisemängu spetsiaalset simulaatorit (Joonis 3.), mis võimaldas mõõta spetsiifilisi lauatenise liigutusi. Simulaatoril oli seitse sensorit, mis olid sama suured kui lauatenise pallid (diameetriga 40 mm). Need märkisid piirkondi, kus toimus palli simulatsioon. Löömiseks pidid vaatlusalused kasutama nii eeskäe kui tagakätt. Näiteks sensorid 2, 3, 5, 6 ja 7 nõudsid paremakäelistelt mängijatelt eeskäe lööki, 1 ja 4 tagakäe lööki. Sensorite 4 ja 5 jaoks polnud vaja liikuda, kuid sensoriteks 1, 2 ja 3 oli vaja teha samm ette (1 - vasakule, 2 ja 3 - paremale), sensoriteks 6 ja 7 hüpe või jook tahja paremale. Mõõtmised teostati kahes seerias, mõlemas liikumised kombinatsioonidena seitsmest sensorist. Samaaegselt mõõdeti liigutuste kiirust löögi sooritamisel. Usutavate tulemuste saamiseks sooritati teste kahel korral viie päeva järel.



Joonis 3. Lauatennisistide testimiseks kasutatud simulaator (Lapszo, 2002).

Uuringu tulemused näitasid, et liigutustele kulunud aeg oleneb soost ja vanusest: täiskasvanud mees- ja naismängijad olid kiiremad kui lapsed. Kuid kui võrrelda omavahel mehi ja naisi, siis mehed olid liigutuste tegemisel kiiremad. Liigutuste kiiruse tulemused on esitatud Joonisel 4. Uuringus ei olnud veapiire märgitud, seepärast saab nende tulemuste puhul rääkida tendentsidest, mitte olulistest erinevustest.



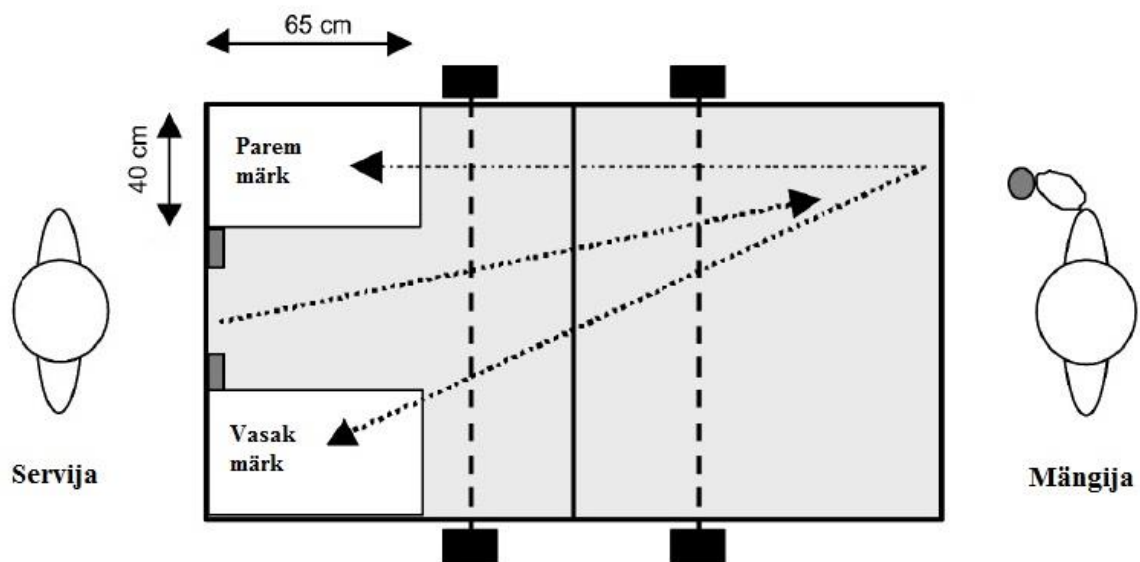
Joonis 4. Meeste, naiste ja laste liigutuste kiirus erinevate löökide sooritamisel (Lapszo, 2002).

Terve keha kaasatuse lihaste aktivatsioonil määravad vastava liigutuse ulatus ja suund (Lapszo, 2002). Uuringu tulemustest ilmses, et kõige kiiremad liigutused olid need, mis ei vajanud jalgade liikumist. Liigutused 1, 2, 3 ja 6 olid aeglasemad ja need vajasisid ka rohkem liikumist laua juures, rääkimata sensorist 7, mis paiknes laua suhtes kõige kaugemal. Samuti selgus, et need liigutused, mis tehakse paremale (sensorid 6 ja 7) olid kiiremad kui need, mis tehakse ette paremale (sensorid 2 ja 3) ning vasakule (sensor 1). Lisaks järeldas uuringu autor, et liigutuste tegemise ulatusel oli suurem mõju kiirusele mees- ja naismängijate puhul võrreldes lastega. Lühikesed löögiliigutused, mis olid sooritatud käega ega vajanud jalgade liikumist, olid kiiremad meestel ja lastel just eeskäega, naistel sellist erinevust ees- ja tagakäe võrdluses ei leitud (Lapszo, 2002).

Antud uuring näitas, et erinevad liigutused ja nende kiirus on lauatennises väga tähtsad faktorid, eriti efektiivse mängu seisukohalt. Samuti on oluline liigutuste kiirus ette ja paremale, mis võib olla määravaks näiteks servide vastuvõtul (Lapszo, 2002).

Edukas löögi sooritus oleneb visuaalsest informatsioonist (Rodrigues jt., 2002). Kui lauatennisist tahab interpreteerida tuleva palli trajektoori ja liikumise kiirust, siis tema motoorsed käsklused baseeruvad visuaalsel infol. Sportlane, kes suunab oma pilku õigesse kohta, suudab paremini määrata läheneva palli eripära. Seetõttu oli Rodrigueze jt. (2002) uuringu eesmärgiks uurida, kuidas mängijad kooskõlastavad pea-, silma- ja käeliigutused ning seostada need näitajad eduka lauatennise sooritusega. Uuringus osales 16 täiskasvanud lauatennise mängijat. Nad olid jaotatud kahte gruppi eelneva testimise täpsuse tulemuste alusel: tugevad, kelle löögi täpsuse protsent oli üle 40%, ja nõrgad, kelle protsent oli alla 40%. Tugevaid oli üheksa ja nõrgemaid oli seitse mängijat.

Uuring viidi läbi selliselt, et üks vaatlusalustest oli servija ja teine lööja. Servijal paluti sooritada servi konstantse kiirusega eeskäe kasti. Lööja sooritas eeskäe topspinni kahte ettenähtud piirkonda (vt. Joonis 5.). Mõõtmised teostati lähtudes kolmes aspektist: servija reedab oma liigutust juba enne servi, palli ülesviske alguses või palli ülesviske lõpus.



Joonis 5. Mängija sooritas eeskäe topspinni kahte ettenähtud piirkonda (Rodrigues jt., 2002).

Uuringu tulemused näitasid, et nii tugevam kui nõrgem grupp jälgisid palli ülesviske alguses ja hoidsid pilku stabiilselt enne reketiga palli tabamist. Lisaks nähtus, et tugevamad mängijad alustavad varasemat servi vastuvõtuks liikumist võrreldes nõrgemate mängijatega. Järelikult tugevad mängijad jälgisid tähelepanelikumalt servija liigutusi ja oskasid neid paremini interpreteerida (Rodrigues jt., 2002).

Tunnetuslik diferentseerimise võime on üks olulisemaid komponente peenmotoorikas (Bankosz, 2012). Samuti on see seotud mängutasemega – mida kõrgem on mängutase, seda täpsemad on liigutused. Bankosz (2012) viis läbi uuringu, mille eesmärgiks oli uurida lauatennisisti mängukäe liigutuste „mälu“ ja võrrelda neid tulemusi erineva mängutasemega sportlastel. Uuringus osales 24 Poola sportlast (keskmine vanus 14. aastat), kes olid jaotatud kahte rühma tulenevalt nende tasemest: 12 sportlast, kes kuulusid noorte koondisesse, ja 12 veidi madalama edetabeli kohaga mängijat. Uuringu läbiviija oli seisukohal, et täpsusel on seos liigese liikuvusega ja seetõttu kasutati goniomeetrit (Joonis 6.)



Joonis 6. Uuringus kasutatud goniomeeter (Bankosz, 2012).

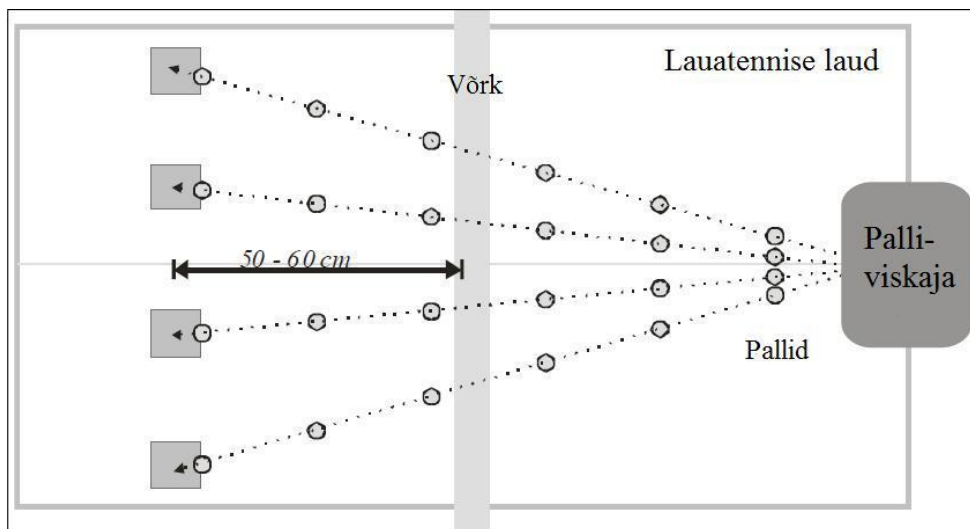
Vaatlusalustel paluti pöörata kätt küünarnukist sisse- ja väljapoole 45 kraadi ulatuses. Kui käsi oli 45 kraadise nurga all, siis kõlas kell. Hindamaks kui täpselt pöörab vaatlusalune oma kätt, paluti vaatlusalustel kasutades lihasmälu korrata viis korda sama liigutust, kuid ilma kella helinata. Tulemused näitasid, et madalama edetabeli kohaga mängijate tulemuste hajuvus oli suurem. Selgus, et nende liigutusmälu varieerus suuremas ulatuses võrreldes kõrgema tasemega mängijatega. Seevastu kõrgema tasemega mängijate liigutusmälu oli kõrgemal tasemel, kuid erinevus kahe rühma mängijate vahel ei olnud siiski statistiliselt oluline. Uuringu autor järeldas, et mõlema grupi edetabelis eespool asetsevad mängijad saavutasid antud testides paremaid tulemusi, mis võib olla spetsiifiliste treeningute tulemus. Sellest tulenevalt suudavad nad ka edukamalt kontrollida oma liigutusi ja sooritavad täpsemaid lööke (Bankosz, 2012).

Kasai jt. (1994) uuringu eesmärgiks oli selgitada südameveresoonkonna reaktsiooni treeningule ja mängule ning saada tulemusi lauatenisisti kardiovaskulaarse funktsiooni hindamiseks. Antud uuringu käigus mõõdeti vaatlusalustel hapnikutarbimist, südamelöögisagedust ja vere laktaadi kontsentratsiooni nii treeningul kui ka võistlustel. Treeningu tingimustes kasutati multipalli meetodit: treener söötis mängijatele ette 60 palli minutis. Ülesandes oli vaja lüüa palli kolmel erineval viisil – kerge löök, topspin ja tugev löök. Lauatenisisti jaoks on selline testimine võrreldav suhteliselt intensiivse treeninguga. Iga harjutus kestis kaks minutit ning üks minut oli puhkuseks. Võistlussituatsioon oli mõõdetud viie üksikmängu jooksul. Uuringu tulemused näitasid, et antud näitajad on võistlustel madalamad kui treeningul. Keskmised väärtused võistlustel olid: hapnikutarbimine 30,7 ml/kg/min, südamelöögisagedus 142 lööki/min ja vere laktaadi kontsentratsioon 1,17 mmol/l. Treeningul leitud väärtused olid keskmiselt: hapnikutarbimine 52 ml/kg/min, südamelöögisagedus 188 lööki/min ja vere laktaadi kontsentratsioon 3,7 mmol/l. Uuringu läbiviijad järeldasid, et need harjutused, mis kestavad katkematult kaks minutit, on mängijatele väga kurnavad. Seetõttu ongi võistlustel mõõdetud näitajad madalamad, sest seal tavaliselt ei kesta pingutus kaks minutit (pallivahetus on lühem).

Uurimaks lauatenisemängijate kardiovaskulaarne vastupidavust viisid Kasai jt. (2010) läbi katse, milles osales viis tugevatasemelist Jaapani ülikooli mängijat. Mängijad pidid katkematult sooritama eeskäe lööki kolmel erineval viisil: kerge löök, topspin ja tugev löök. Igat löökide seeriat sooritati ühe minuti jooksul. Pärast igat löögi seeriat oli vaatlusalustel aega kaks minutit puhkuseks. Eksperimendi tulemused näitasid, et katses osalejatel esines suurim maksimaalne hapnikutarbimine tugevat lööki sooritades. Seega võib kahele eelpool kirjeldatud uuringule (Kasai jt., 1994; Kasai jt., 2010) tuginedes väita, et lauatenisistil on suhtelisest kõrget vastupidavuse taset vaja selleks, et mängija oleks võimeline efektiivselt mängima 30 minutit ja enamgi.

Zagatto jt. (2008b) uurisid kriitilise võimuse meetodi kasutamise võimalikkust kaheksal rahvusvahelisel tasemel mängival lauatenisistil. Selleks kasutati spetsiaalset pallirobotit ehk palliviskajat, mis võimaldas saata palle konstantse kiirusega nelja erinevasse piirkonda lauatenise laual, mis olid eelnevalt määratud (vt. Joonis 7.). Ainus parameeter, mis testide käigus erines, oli löödavate pallide arv minutis: 48, 56, 65 ja 72 (palli minutis). Testi sooritati kuni väsimuseni või tehnilise veani. Iga vaatlusalune sooritas kolm kuni neli testi,

mille vahel oli vähemalt kaks tundi puhkust. Testi käigus registreeriti katsele kulunud aeg, mille alusel arvutati kriitiline kiirus. Teiseks spetsiifiliseks testiks oli lisanduv protokoll, mida kasutati selleks, et määrata kindlaks vaatlusaluste anaeroobne lävi ja vere laktaadi kontsentratsiooni määramine kasutades palliviskajat. Uuringu tulemused näitasid, et vaatlusaluste kriitiline sagedus ($39,9 \pm 3,3$ palli/min) ei olnud oluliselt erinev nende anaeroobsest lävest ($48,1 \pm 7,4$ palli/min). Testi tulemusena leiti, et sellisel meetodil leitud lauatenisisti kriitiline võimus on usutavalt seotud tema anaeroobse läve ja maksimaalse vastupidavuse näitajatega. Seetõttu sobib kriitilise võimsuse test praktiliseks testiks lauatenisisti spetsiifilise mänguvõimekuse hindamiseks.



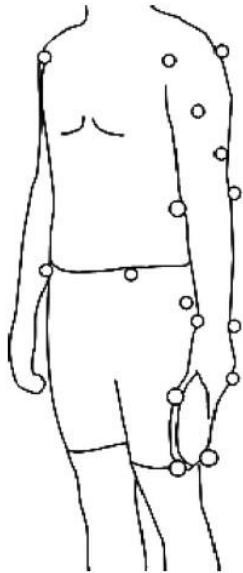
Joonis 7. Skemaatiline joonis iseloomustamiseks spetsiaalse palliviskaja abil mängitud palli nelja erinevasse väljaku piirkonda (Zagatto jt., 2008b).

1.1.3. Eeskäe topspin lauatennises

Eeskäe topspin on üks agressiivsemaid lööke lauatennises. Seda sooritades on oluline lähteasend: jalad õlgade laiuselt, põlved kõverdatud, keha kergelt ette kallutatud, vasak jalg eespool. Paremakäelistel mängijatel liigub parem jalg koos keharaskusega taha, seejärel keha, puusad ja õlad pööratakse taha, reket on all. Löögi sooritamisel puus, vöökoht ja õlad pööravad ettepoole, keharaskus kandub vasakule jalale, reket puudutab palli riivava liigutusega ja liigub ette üles.

Kasai ja Mori (1998) võrdlesid edasijõudnute ja algajate eeskäe löögi sooritamise karakteristikuid. Nende uuringust ilmsnes, et edasijõudnud mängijad pööravad löögi tegemiseks rohkem oma keha ja painutavad põlvedest võrreldes algajatega. Sellest

tulenevalt viisid Iino ja Kojima (2009) läbi eksperimendi, uurimaks keha liikumist eeskäe topspinni sooritamisel. Nende uuringus osales 17 lauatenisisti: üheksa edasijõudnut ja kaheksa keskmise tasemega mängijat. Sportlase lihastele ja reketile olid asetatud markerid (vt. Joonis 8.). Pallirobot söötis lauatenisistile eeskäe kasti keskele kerge või tugeva allapidi vindiga palle ajaintervalliga 1,4 sekundit. Mängija ülesandeks oli sooritada eeskäe topspinni.



Joonis 8. Kehale ja reketile asetatud markerite asukohad vasakukäelise sportlase puhul (Iino ja Kojima, 2009).

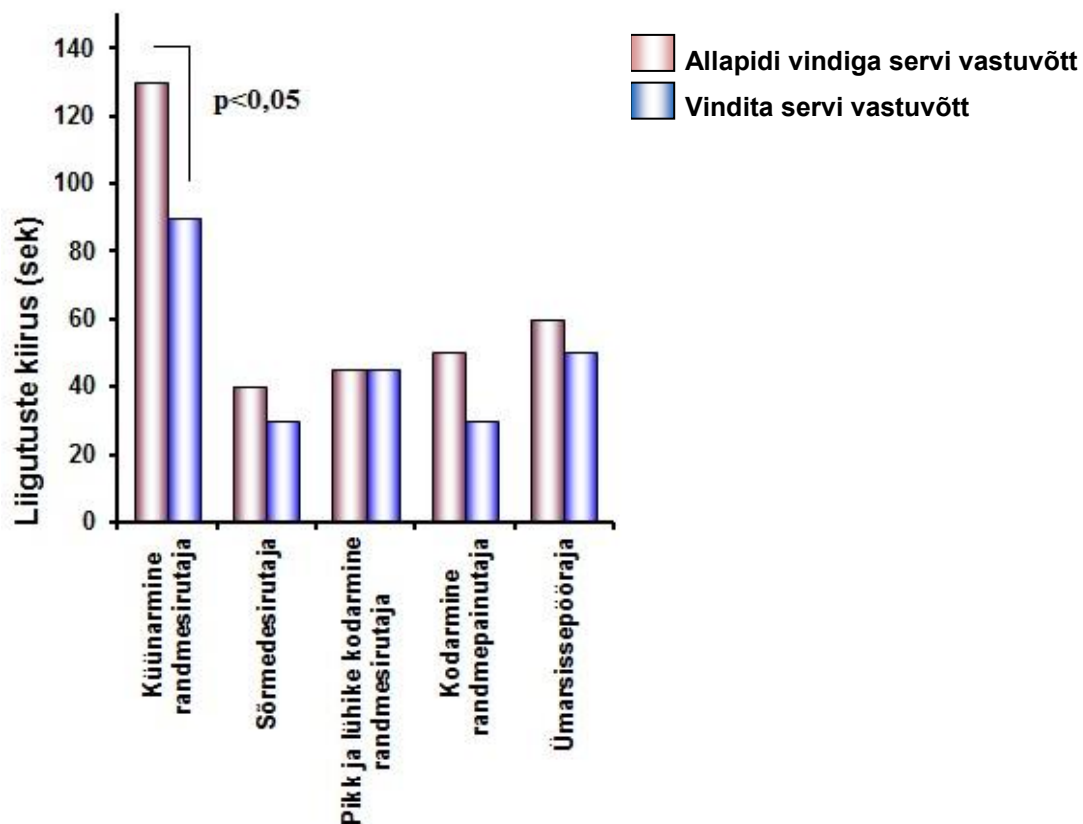
Iino ja Kojima (2009) uuringu tulemustest nähtus, et edasijõudnud mängijad näitasid statistiliselt olulist suuremat ülakeha rotatsiooni topspinni sooritamisel ja seetõttu kaldusid vajama vähem aega reketi kiirendamiseks palli tabamisel. Reketi liigutamise kiirus palli tabamisel ei olnud statistiliselt oluline kahe rühma vahel. Mängijad korregeerisid tihti reketi nurka erineva vindisusega palli tabamisel. Iino ja Kojima järeldasid, et võimalus reketi kiirendada väiksema aja jooksul allapidi vindiga palli tabamisel võib olla oluline faktor, mis mõjutab soorituse taset.

Paar aastat hiljem viisid Iino ja Kojima (2011) läbi sarnase uuringu, kuid eesmärgiks võeti määrata mehaanilise energia tootmise ja selle ülekanne ülajäsemetele eeskäe topspinni sooritades. Uuringu tulemustest saadi teada, et edasijõudnud mängijatel oli õlaliigese sisemine jõumoment oluliselt kõrgem kui keskmise tasemega mängijatel. Autorid järeldasid, et energia ülekanne ülajäsemetesse võib olla üks olulisimaid faktoreid, mis võimaldaks keskmise tasemega mängijatel sooritada suurema kiirusega lööke.

1.2. Elektromüograafia kasutamine lauatennises

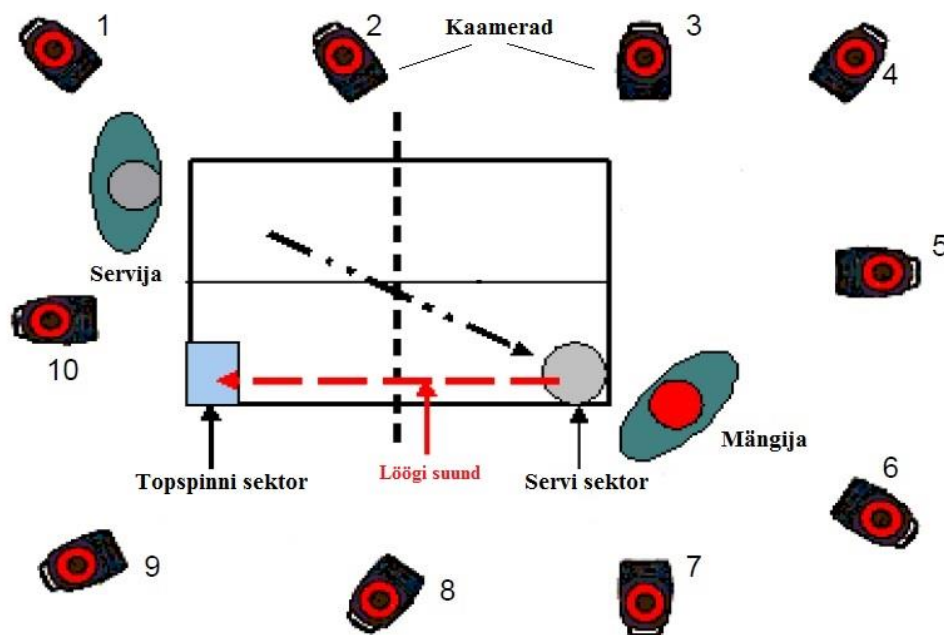
Lauatennises kasutatakse erinevaid tehnikaid võrgu taha põrkavate pallide ja servide vastuvõtmiseks. Üks neist on lühike löök (ingl. *flick*), mis sooritatakse laua kohalt põhiliselt randme tööga. Selle löögi sooritamise karakteristikuid pole palju uuritud. Yoshida jt. (2010) uuringu eesmärk oligi välja selgitada lühikese löögi sooritamiseks kasutatavate skeetlihaste aktiivsus kasutades elektromüograafiat (EMG) lühikeste servide vastuvõtmisel. Uuringu käigus sooritati kahte erinevat tüüpi serve: allapidi vindiga ja vindita servi. Vaatluse alla olid võetud järgmised lihased: küünarmine randmesirutaja, sõrmedesirutaja, pikk ja lühike kodarmine randmesirutaja, kodarmine randmepainutaja, ümarsisepööraja.

Antud uuringu tulemustest nähtus, et statistiliselt oluline erinevus vindita ja allapidi vindiga servi vastuvõtul ilmnis vaid küünarmise randmesirutaja puhul (Joonis 9.). Sellest tulenevalt järeldasid uuringu autorid, et lauatennise mängijatel on lühikeste löökide puhul eriti oluline küünarmine randmesirutaja lihase töö. Samuti selgus, et elektromüograafiat saab kasutada erinevate tehnikate uurimiseks lauatennises (Yoshida jt., 2010).



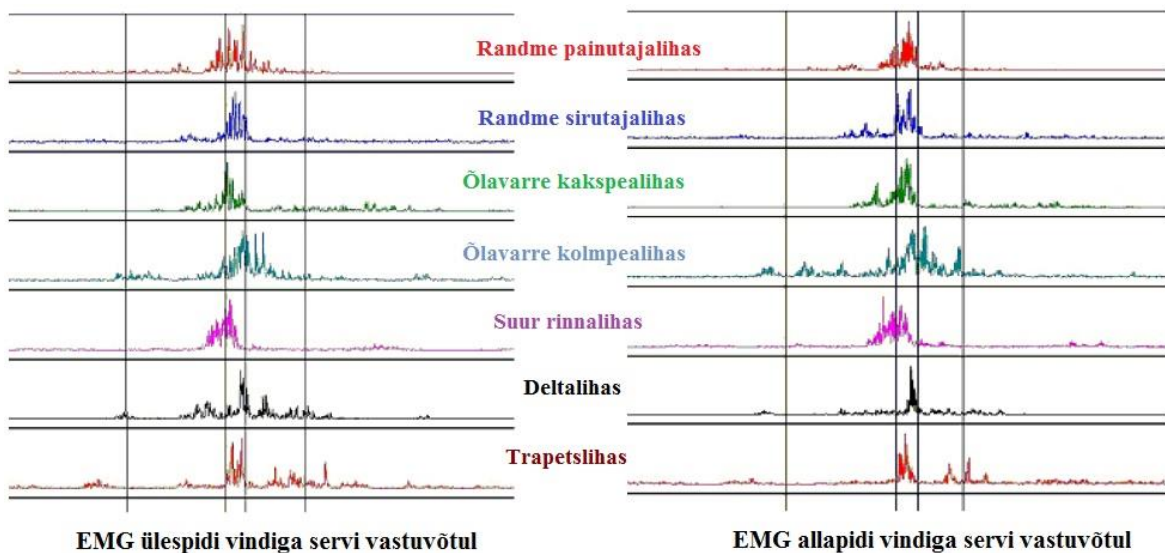
Joonis 9. Lihaste aktivatsioon allapidi vindiga ja vindita servi vastuvõtul (Yoshida jt., 2010).

Tsai jt. (2010) läbiviidud uuringu eesmärgiks oli analüüsida Taiwani tipplauatennisistide 3D kinemaatilisi muutujaid ja ülajäsemete lihaste EMG aktiivsust eeskäe topspinni sooritamisel. Seda tehnilist elementi sooritati üles- ja allapidi vindiga servide vastuvõtmisel. Kümme kaamerat filmisid 3D kinemaatilisi parameetreid. EMG elektroodid kinnitati seitsmele lihasele: randme painutajalihas, randme sirutajalihas, õlavarre kaks- ja kolmpealihas, suur rinnalihas, deltalihas ja trapetslihas. Servija sooritas servi kindlasse kohta lauatenнисe laual, vastuvõtja pidi palli tagasi mängima kasutades eeskäe topspinni samuti kindlasse sektorisse (Joonis 10.).



Joonis 10. Uuringu skemaatiline ülesehitus (Tsai jt., 2010).

Autorid esitasid joonise (vt. Joonis 11.) lihaste aktivatsioonist kahe servi vastuvõtmisel eeskäe topspinniga. EMG tulemustest nähtus, et lihased aktiveeruvad servide vastuvõtul erinevalt. Allapidi vindiga servide vastuvõtul täheldati suuremat lihaste aktiveerumist randme sirutajalihases ning õlavarre kaks- ja kolmpealihases võrreldes ülespidi vindiga servide vastuvõtmisel (Tsai jt., 2010).



Joonis 11. EMG parameetrid ülespidi ja allapidi vindiga servi vastuvõtul (Tsai jt., 2010).

Tabel 3. näitab kinemaatilisi parameetreid ja nende erinevusi servide vastuvõtul. Tulemustest ilmnes, et reketi liikumise kiirus ja nurk erinesid statistiliselt oluliselt ülespidi ja allapidi vindiga servi vastuvõtul, kusjuures esimese servi puhul olid mõlemad väärtused väiksemad. Statistiliselt olulised erinevused esinesid ka liigutuse pikkuse ja löögifaaside vahel. Näiteks kulutas mängija allapidi vindiga servi vastuvõtmiseks hoovõtule protsentuaalselt rohkem aega võrreldes ülespidi vindiga servide puhul. Samas reketi kiirendamise ja reketiga palli saatmise faaside puhul olid protsendid suuremad ülespidi vindiga servide vastuvõtul (Tsai jt., 2010).

Tabel 3. Eeskäe topspinni kinemaatilised parameetrid erinevate servide vastuvõtul (Tsai jt., 2010). * $p < 0,05$

Parameetrid	Ülespidi vindiga servi vastuvõtt	Allapidi vindiga servi vastuvõtt
Reketi liikumise kiirus (m/s)	$17,31 \pm 1,12$	$18,94 \pm 1,70$ *
Reketi sagitaalne nurk (°)	$54,84 \pm 2,47$	$70,72 \pm 3,34$ *
Liigutuse pikkus (m)	$0,95 \pm 0,03$	$0,91 \pm 0,04$ *
Liigutuse pikkus (sek)	$0,85 \pm 0,10$	$0,92 \pm 0,03$
Hoovõtu faas (%)	$58,0 \pm 5,96$	$65,2 \pm 6,30$ *
Kiirendamine (%)	$11,0 \pm 2,12$	$9,2 \pm 1,92$ *
Saatmise faas (%)	$25,0 \pm 5,66$	$20,2 \pm 4,09$ *

Kokkuvõtvalt võib öelda, et lauatennises on oluline roll nii löögi- kui liikumise kiirusel, koordineerimisel, täpsusel ja vastupidavusel. Samuti selgus, et elektromüograafiat saab kasutada lauatennise erinevate tehnikate uurimiseks ning mõningaid uuringuid on juba selles valdkonnas läbi viidud. Näiteks on EMG parameetreid uuritud servide vastuvõtul. Siinkohal võib öelda, et uudne oleks uurida lihaste aktivatsiooni vindita pallide mängimisel eeskäe topspinniga.

2. Töö eesmärk ja ülesanded

Käesoleva uuringu eesmärgiks on välja selgitada nelja lihase: trapetslihase ülemise (*m. trapezius superior*) ja alumise osa (*m. trapezius inferior*), õlavarre kakspealihase (*m. biceps brachii*) ja suure rinnalihase (*m. pectorialis major*) väsimust ja nende seost eeskäe topspinni sooritamisel kuni 18. aastastel poistel.

Töös püstitati järgmised konkreetset ülesanded:

1. Mõõta elektromüograafia parameetreid neljal lihasel eeskäe topspinni sooritamisel ja võrrelda neid näitajaid.
2. Sooritada kaks kaheminutilist lauatennise testi pallirobotiga erinevatel režiimidel, võrrelda uuritavate sooritatud lööke ja täpsust.
3. Mõõta ja võrrelda uuritavate nelja lihase toonust enne ja pärast lauatennise teste.
4. Mõõta ja võrrelda uuritavate käe pigistusjõudu enne ja pärast lauatennise teste.
5. Mõõta ja võrrelda uuritavate käe- ja silmade koordineerimise näitajaid enne ja pärast lauatennise teste.
6. Mõõta ja võrrelda uuritavate tajutud pingutust vahetult pärast mõlemat testi.
7. Arvutada ja võrrelda korrelatiivsed seosed lauatennise testide, löökide täpsuse ja elektromüograafia ning lihastoonuse näitajate vahel.

3. Metoodika

3.1. Vaatlusalused

Käesoleva töö uuringutes osales 13 Eestis lauatennist mängivat 11.-18. aastast noormeest, kes olid jaotatud kahte gruppi vanuse ja käe pigistusjõu tulemuste alusel:

- 1) Vanemad mängijad: 14.-18. aastased ($n=7$, vanus: $15,4 \pm 0,7$ aastat; treeningstaaž: $6,6 \pm 0,8$ aastat, koht reitingus: 74 ± 18);
- 2) Nooremad mängijad: 11.-13. aastased ($n=6$, vanus $12,0 \pm 0,3$ aastat; treeningstaaž: $5,0 \pm 0,4$ aastat, koht reitingus: 244 ± 33).

Uuritavad on osalenud Eesti noorte meistrivõistlustel ja võitnud seal medaleid. Kõik testimisel osalenud mängijad olid terved. Vaatlusalustele tutvustati eelnevalt teostatavaid mõõtmisi ning selgitati neile uurimuse peamised eesmärgid. Kõik vaatlusalused ja nende vanemad kinnitasid oma nõusolekut uuringus osalemiseks allkirjaga. Uuringuks saadi luba Tartu Ülikooli eetikakomiteelt.

3.2. Uuringu üldine korraldus

Käesolevas uuringus sooritati testid noorte koondise laagri ja Narva regulaarse treeningtunni raames.

Uuringud teostati vastavas järjekorras:

- 1) Isikuandmete kirjapanek vaatlusaluse kaardile;
- 2) Käe- ja silmade koordineerimise testimine;
- 3) Käe pigistusjõu määramine;
- 4) Müomeetrilised uuringud;
- 5) Kaheminutilise aeglase režiimiga lauatennise testi sooritamine, samal ajal teostati elektromüograafilised uuringud;
- 6) Pingutuse astme määramine Borgi skaalal;
- 7) Kaheminutilise kiire režiimiga lauatennise testi sooritamine, samal ajal teostati elektromüograafilised uuringud;
- 8) Pingutuse astme määramine Borgi skaalal;
- 9) Müomeetrilised uuringud;
- 10) Käe- ja silmade koordineerimise testimine;
- 11) Käe pigistusjõu määramine.

3.3. Uurimismeetodid

3.3.1. Käte- ja silmade koordineerimise testimine

Käte- ja silmade koordineerimise hindamiseks kasutati spetsiaalset komplekti *Lafayette Grooved Pegboard Test, Model 32025* (USA) (Joonis 12.), mis võimaldab hinnata käe- ja silmade koordineerimise mitmesuguste liigutusülesannete täitmisel. Vaatlusalune pidi võimalikult kiiresti asetama kindlas järjekorras 25 pulgakujulist kujundit testimiskompleksi tühjadesse avadesse. Testi sooritati mängukäega laua taga istudes kahe korral: enne ja pärast kahte kaheminutilist lauatennise testi. Sooritusel kulunud aega mõõdeti stopperiga.



Joonis 12. Käe ja silmade koordineerimise määramise testimiskompleks.

3.3.2. Käe pigistusjõu määramine

Käte pigistusjõu määramisel kasutati standardset käe dünamomeetrit *DRP-90* (Venemaa) maksimaalse mõõteulatusena 90 kg (Joonis 13.). Dünamomeeter asetati vaatlusaluse peopesa sõrmede esimese ja teise jätke vahele. Vaatlusalune pigistas mängukäega dünamomeetrit maksimaalse jõuga 3 korda, kusjuures käsi ei tohtinud puudutada mõnda teist kehaosa või eset. Arvesse läks parima katse tulemus. Mõõtmised teostati kahe korral, enne ja pärast lauatennise teste.



Joonis 13. Käe pigistusjõu määramise dünamomeeter.

3.3.3. Müomeetrilised uuringud

Müomeetrilisteks uuringuteks kasutati portatiivset müomeetrit. See töötab järgmisel põhimõttel: löökotsik annab skeetilihasele uurija poolt valitud punktis standardse jõu ja kestvusega jõuimpulsi. Pärast jõuimpulsi lakkamist jääb löökotsik kontakti lihasega ja võngub koos võnkumapandud lihasmassiga, kuni võnkumine kustub. Müomeetri põhimõte seisneb lihasele doseeritud löögi andmises, millele lihas kui viskoosne-elastne keha vastab sumbuvate võnkumistega. Esialgse analüüsi käigus saadud näitajad iseloomustavad lihase toonilist pinget ja elastsusomadusi mõõtmise ajal (Vain, 2002).

Käesoleva uuringu käigus kasutati müomeetrit *Myoton 3* (Müotonometria OÜ, Eesti) (Joonis 14.) koos vastava tarkvaraga. Mõõtmised teostati seistes puhkeasendis enne ja pärast lauatenise teste. Eelnevalt märgiti vaatlusaluse kehal punktid, kuhu testimisel asetati müomeetri löökotsik.



Joonis 14. Müomeetrilisteks uuringuteks kasutati Myoton 3.

Mõõtmised teostati sportlase mängukäe trapetslihase ülemisel osal (*m. trapezius superior*), trapetslihase alumisel osal (*m. trapezius inferior*), õlavarre kakspealilisel (*m. biceps brachii*) ja suurel rinnalihasel (*m. pectorialis major*).

Trapetslihas (*m. trapezius*) on kolmnurkne lai lihas, mis koos vastaspoolse lihasega meenutab trapetsit. Ta paikneb selja ülemises osas. Lihas algab kuklaluu ülemiselt kuklataguselt joonelt, välimiselt kuklamügaralt ja kõikide rinnalülide ogajätketelt. Lihaskimbud konvergeeruvad ja kinnituvad õlavöötme luudele: ülemised kimbud kinnituvad rangluu lateraalsele poolele, kesksed kimbud abaluule, alumised kimbud abaluu

mediaalse osa alumisele pinnale. Trapetslihas mõjub õlavöötmele: keskne osa tõmbab õlavöödet taha (lähendavad abaluid lülisambale), ülemine osa tõstab ja alumised kiud langetavad õlavöödet. (Lepp, 2013).

Õlavarre kakspealihas (*m. biceps brachii*) algab abaluult kahe peana:

- a) pikk pea algab abaluu liigeseüliselt kõbrukeselt pika kõõlusega, mis läbib õlaliigese õõne, asetledes õlavarreluu kõbrukeste vahevaos;
- b) lühike pea algab kaarnajätkelt.

Lihase lõpposa kinnitub tugeva kõõluse abil kodarluu kõprusele (Lepp, 2013).

Õlavarre kakspealihas võib vähesel määral tõmmata õlavart ettepoole (pikk pea tõmbab õlavart ette lateraalsele, lühike pea mediaalsele). Samuti see lihas painutab küünarvart ja teostab küünarvarre supinatsiooni (Lepp, 2013).

Suur rinnalihas (*m. pectorialis major*) algab kolme osana:

- a) rangluu mediaalselt poolelt;
- b) rinnaku ja 6 ülemise roidekõhre eesmiselt pinnalt;
- c) kõhusirglihase-tupe eesmiselt seinalt.

Lihaskiud konvergeeruvad lateraalses suunas ja kinnituvad õlavarreluu suursõbrukeste harjale. Suure rinnalihase funktsiooniks on tõmmata õlavööde ettepoole, selle alumised kimbud langetavad õlavöödet. Lihase langetab suure jõuga ülestõstetud kätt ning avaldab õlavarreluu kaudu tugevat toimet õlavöötmele (Lepp, 2013).

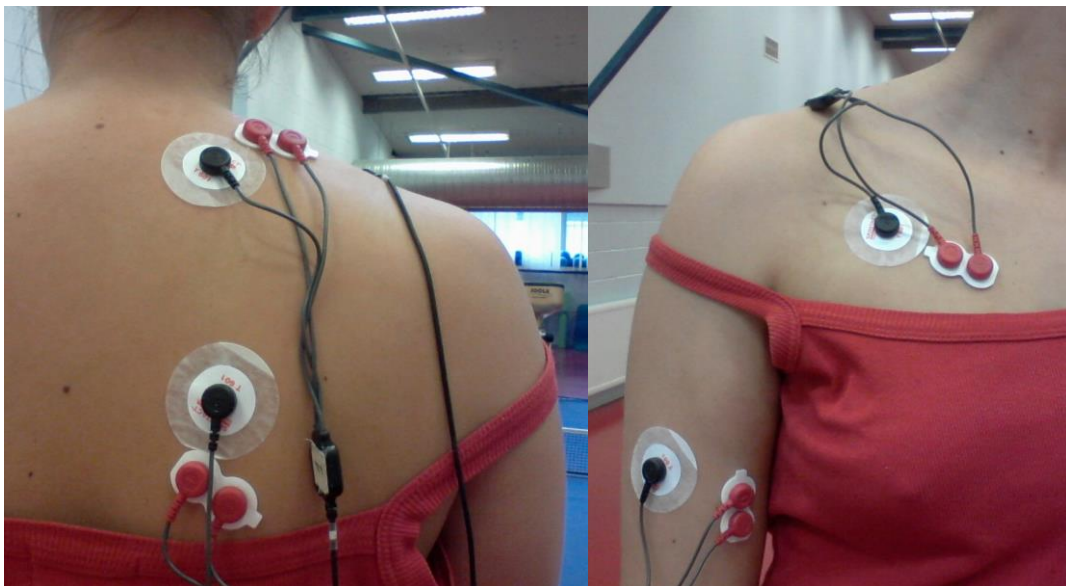
3.3.4. Elektromüograafilised uuringud

Lihaste bioelektrilise aktiivsuse määramiseks kasutati elektromüograafiat (EMG). Kasutati 16-kanalist elektromüograafi ME6000 (*Mega Electronics*, Kuopio, Soome), mis oli ühendatud *Wireless* signaali kaudu personaalarvutiga. Registreeritud biopotentsiaalide analüüsil kasutati originaalset programmi (*Mega Electronics*, Soome), mis võimaldab määrata nii sagedusspektri näitajaid kui ka EMG amplituudväärtusi. Lisaks arvutati väsimuse indeks I elektromüograafia keskmiste sageduste (MPF) alusel:

$$I = \frac{(MPFa - MPFI)}{MPFa} \cdot 100 (\%),$$

Selle valemiga kohaselt MPFa on testi kolme esimese liigutuse tsükli elektromüogrammi keskmine sagedus ja MPFI on kolme viimase liigutuse tsükli keskmine sagedus. Mida suurem on väsimuse indeksi I väärtus, seda suurem on ka antud lihases tekkinud väsimus. Lisaks elektromüogrammi sagedusele määrati ka selle integraal IEMG ($\mu V \cdot s$). Integraali alusel leiti ka selle väärtuste protsentuaalne jaotuvus töös vaadeldud nelja lihase vahel.

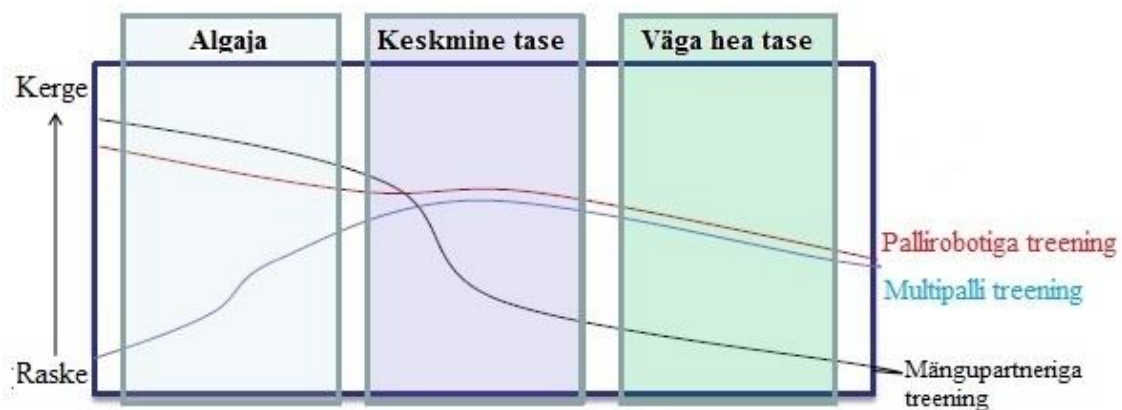
Käesolevas uuringus puhastati vaatlusaluse nahapind piiritusega ja kinnitati EMG elektrodid neljale lihasele: trapetslihase ülemisele osale (*m. trapezius superior*), trapetslihase alumisele osale (*m. trapezius inferior*), õlavarre kakspealihasele (*m. biceps brachii*) ja suurele rinnalihasele (*m. pectorialis major*). Nende paigutus lihastel on esitatud Joonisel 15.



Joonis 15. EMG elektroodide paigutus lihastel.

3.3.5. Lauatennise testid pallirobotiga

Jayabalakrishnan ja Achanta (2013) märkisid, et lauatennis on mäng, mis oleneb kaasmängija oskustest. Selleks, et treening oleks efektiivne, on vaja sobiva mängutasemega paarilist (Joonis 16.). Treenerid on kõrgema tasemega sportlaste puhul aina rohkem hakanud kasutusele võtma pallirobotit. See meetod sobib suurepäraselt tehniliste ja taktikaliste oskuste treeninguks (Jayabalakrishnan ja Achanta, 2013).



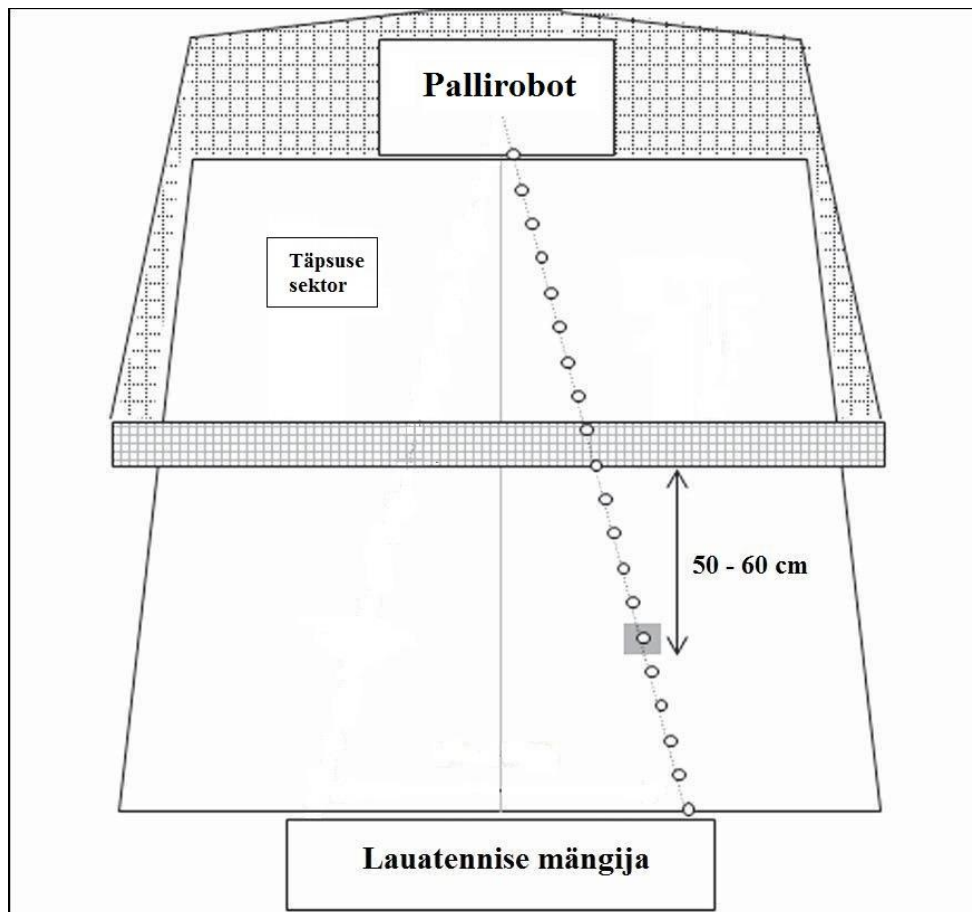
Joonis 16. Treeningmeetodite kasutamine erineva mängutasemega mängijatel (Jayalabakrishnan ja Acanta, 2013).

Lauatennise mängija sooritas kaks kaheminutilist testi. Need erinesid üksteisest löödavate pallide arvu poolest. Esimeses ehk aeglasemas testis oli 45 (kokku 90 palli) ja teises ehk kiiremas 60 palli minutis (kokku 120 palli). Kahe testi vahel oli passiivne puhkus 30 minutit. Lauatennise testideks oli kasutatud pallirobotit *Joola TT-Robot Shorty* (Saksamaa) (Joonis 17.), mis söötis vastava režiimiga vindita palle eeskäe kasti keskele.



Joonis 17. Uuringus kasutatud pallirobot.

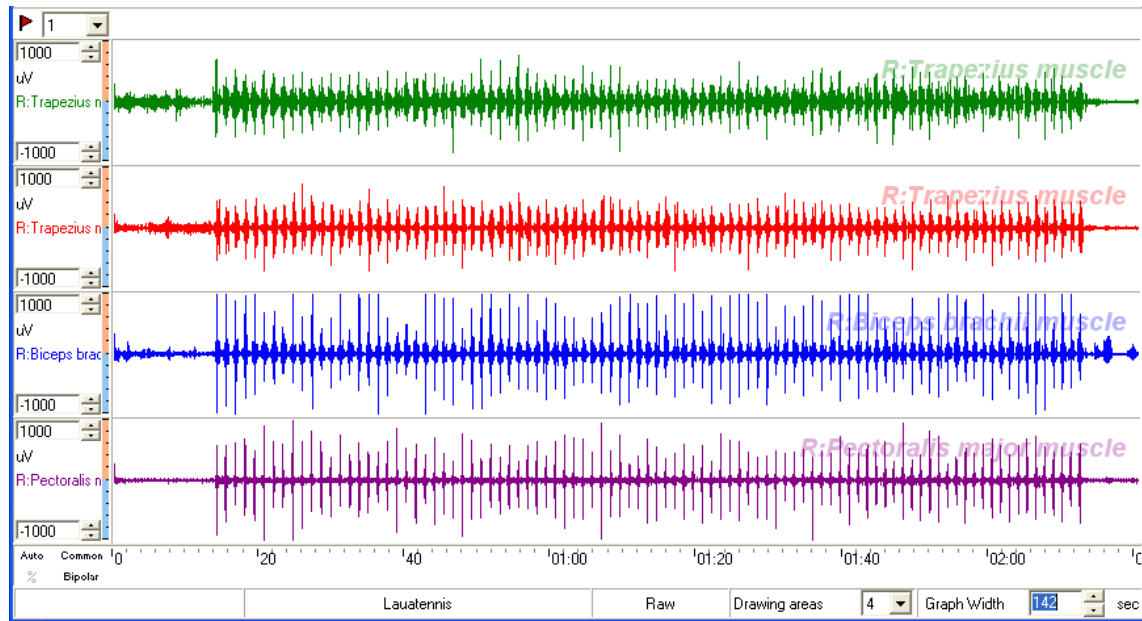
Lauatennise testis sooritas mängija eeskäe topspinni. Seda oli vajalik sooritada täpsuse sektorisse, mis oli fikseeritud A4 formaadis paberiga (Joonis 18.). Samaaegselt filmiti mängijate tegevust videokaameraga (*Sony Handycam DSR-SR52E*, Jaapan).



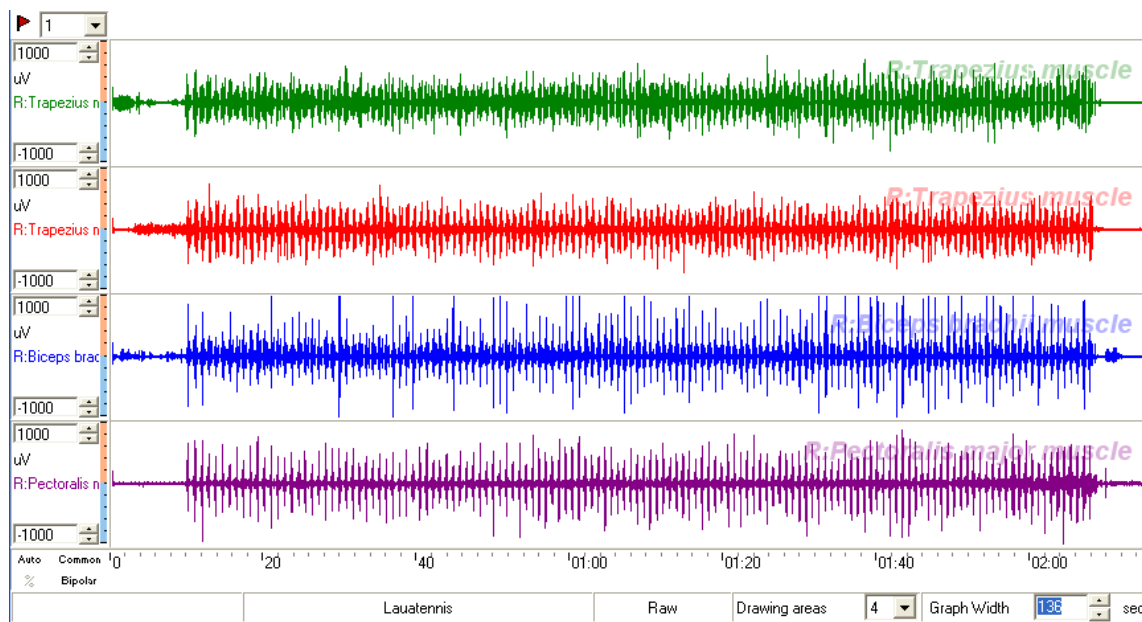
Joonis 18. Pallirobot sõotis palle eeskäe kasti keskele, mängija sooritas eeskäe topspinni täpsuse sektorisse.

Samaaegselt lauatennise testidega teostati EMG uuringuid. Joonisel 19. A ja B on näha ühe vaatlusaluse EMG aktiivsus. Joonised võimaldavad visuaalselt hinnata, kuidas olid lihased haaratud töösse ning võrrelda löökide sagedust aeglasema ja kiirema testi puhul.

A:



B:



Joonis 19. Aeglasemas (A) ja kiiremas (B) testis määratud vaatlusaluse EMG graafik.

3.3.6. Pingutuse astme määramine

Lauatennise testide lõppedes määrati pingutuse aste Borgi skaalal, mille alusel saab hinnata uuritavate subjektiivset hinnangut harjutuse intensiivsuse kohta (Borg, 1998). Number 6 tähistab hinnangut „pingutus puudub“ ja number 20 „maksimaalne pingutus“.

3.3.7. Andmete statistiline analüüs

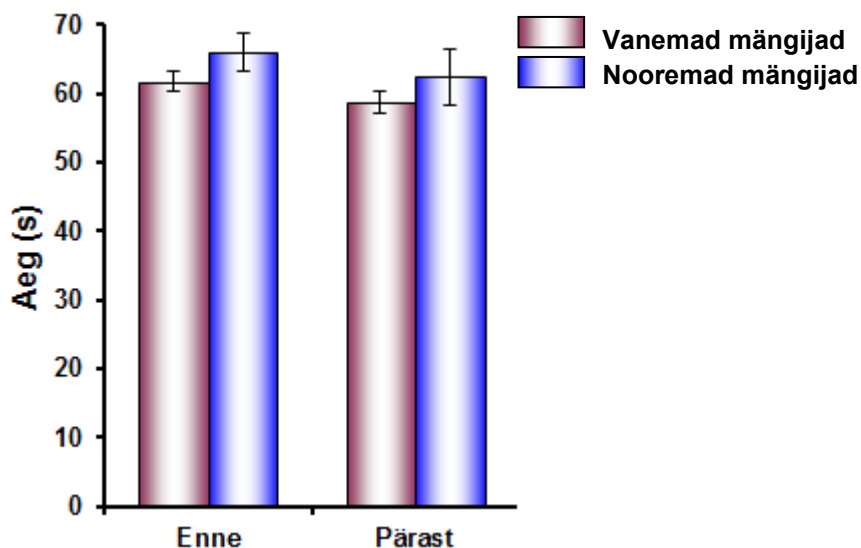
Käesoleva uuringu tulemusel saadud andmete analüüsimisel kasutati andmetöötlusprogrammi MS Excel 2003. Kõikide saadud andmete osas määrati aritmeetiline keskmine (\bar{X}), standardhälve (SD) ja standardviga (SE). Aritmeetiliste keskmiste erinevuse olulisuse hindamiseks kasutati Student'i t-kriteeriumi, seejuures loeti olulisuse nivooks $p < 0,05$. Arvuliste tunnuste vahelised seosed määrati Pearsoni lineaarsete korrelatsioonikordajate alusel.

4. Töö tulemused

Käesoleva töö uuringus osalenud vaatlusalustel esines kahe vanusegrupi vahel statistiline erinevus vanuse ($p < 0,01$), keha massi ($p < 0,001$), kehamassi indeksi ($p < 0,01$), keha pikkuse ($p < 0,001$) ja Eesti edetabeli koha näitajates ($p < 0,001$). Treeningstaaži võrdluses statistilist erinevust vaatlusaluste gruppide vahel ei esinenud.

4.1. Käte- ja silmade koordinatsiooni test

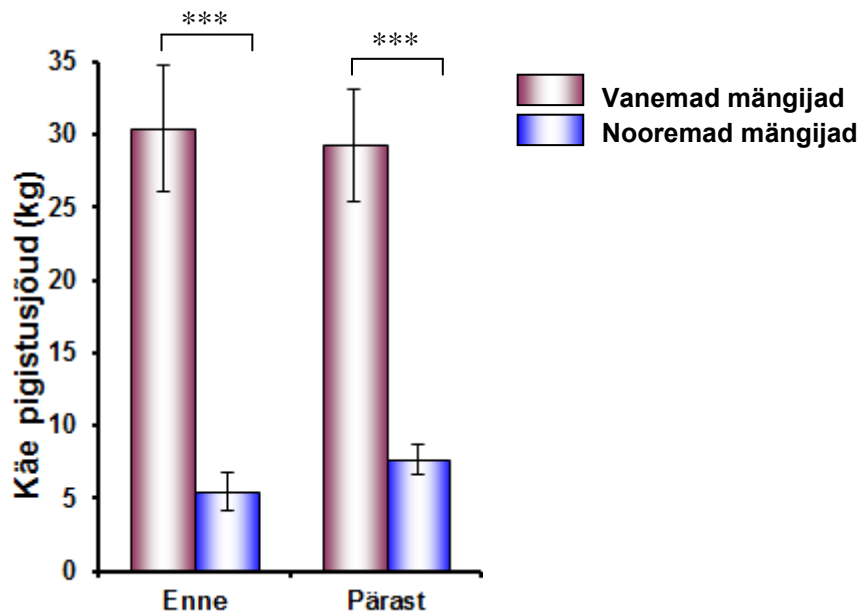
Joonisel 20. on esitatud käe- ja silmade koordinatsiooni testi tulemused. Antud testis nii vanemas kui nooremas grupis enne ja pärast lauatenise teste statistiliselt olulisi erinevusi ei esinenud. Samuti kahe vaatlusaluste grupi vahel olulist erinevust ei leitud.



Joonis 20. Käte- ja silmade koordinatsiooni tulemused enne ja pärast lauatenise teste vanematel ja noorematel mängijatel (keskmine \pm SE).

4.2. Käte pigistusjõud

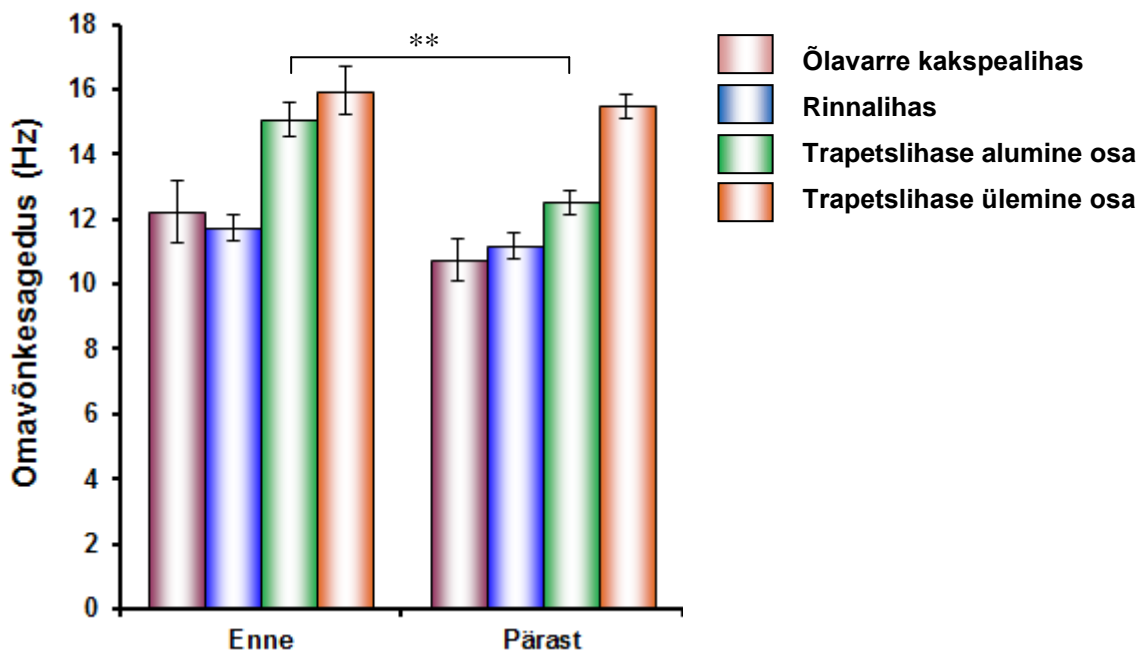
Käte pigistusjõu näitajate võrdluses statistilist olulisust muutust enne ja pärast lauatenise teste ei esinenud. Küll aga esines statistiliselt oluline erinevus võrdluses kahe vanusegrupi mängijate vahel nii enne kui ka pärast lauatenise teste (Joonis 21.).



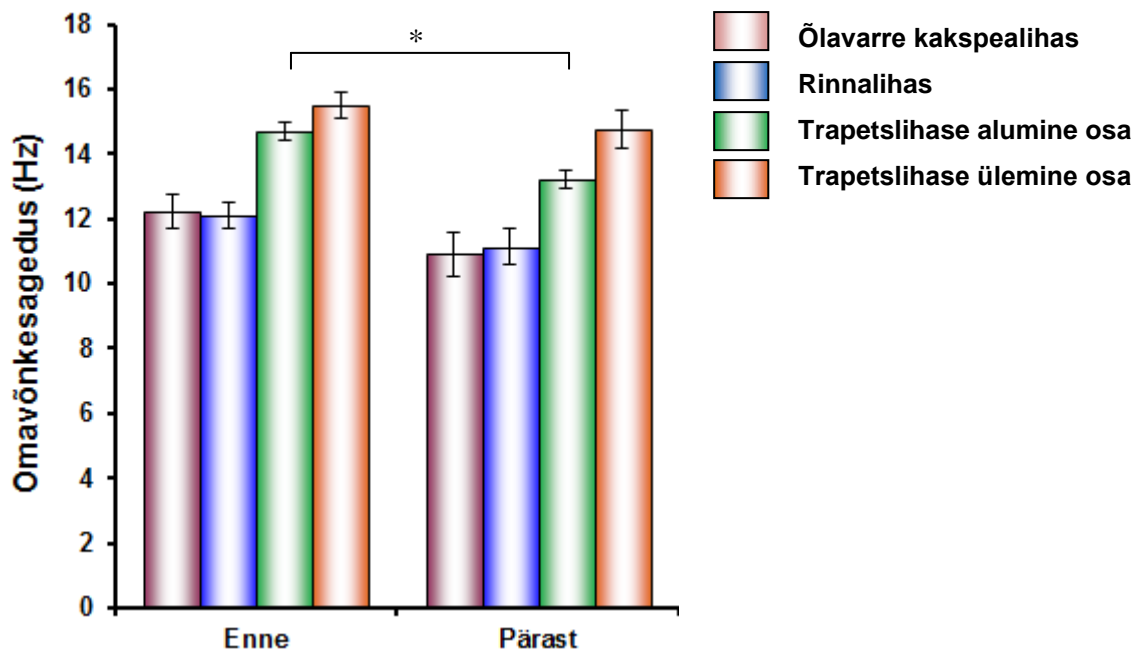
Joonis 21. Käe pigistusjõud enne ja pärast lauatenise teste vanematel ja noorematel mängijatel (keskmine \pm SE). *** $p < 0,001$

4.3. Müomeetrilised uuringud

Lihastoonuse näitajates esines statistiliselt oluline muutus languse suunas nii vanematel kui noorematel mängijatel trapetslihase alumises osas (Joonised 22. ja 23.). Samas ka teiste lihaste puhul oli märgata tendentsi lihastoonuse langusele. Kahe vanusegrupi lihastoonuse tulemuste võrdluses statistiliselt olulist erinevust ei esinenud.



Joonis 22. Lihastoonuse näitajad vanematel mängijatel enne ja pärast lauatenise teste (keskmine \pm SE). ** $p < 0,01$



Joonis 23. Lihastoonuse näitajad noorematel mängijatel enne ja pärast lauatenise teste (keskmine \pm SE). * $p < 0,05$

4.4. Lauatennise testid

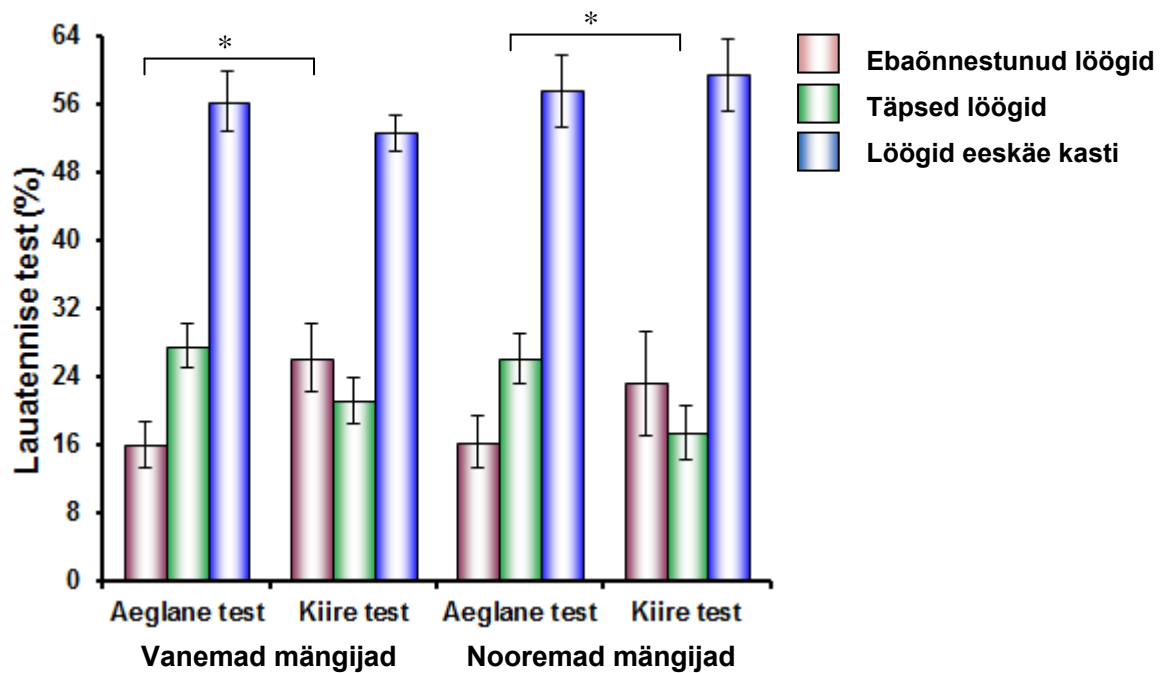
Lauatennise testide tulemused olid jagatud kolme kategooriasse:

- 1) Ebaõnnestunud löögid - topspinnid, mis sooritati tagakäe kasti, pallist mööda, lauast üle või võrku;
- 2) Eeskäe kasti – topspinnid, mis olid sooritatud eeskäe kasti, kuid ei tabanud täpsuse sektorit;
- 3) Täpsed löögid – topspinnid, mis tabasid laual tähistatud täpsuse sektorit.

Tulemustest ilmnes, et aeglase ja kiire testi võrdlusel esines vanematel mängijatel statistiliselt oluline tõus ebaõnnestunud löökides. Noorematel mängijatel oli aga statistiliselt oluline langus täpsuses löökides. Tulemused on esitatud Joonisel 24.

Vanematel mängijatel oli täpsete löökide protsent aeglases testis 27,62% ja kiires testis 21,19%. Noorematel mängijatel oli täpsus veidi madalam, vastavalt 26,11% ja 17,36%.

Kui võrrelda kahte vanusegruppi, siis statistiliselt olulisi erinevusi ei esinenud. Jooniselt on näha, et aeglase testi tulemused olid üsna sarnased. Kiires testis sooritasid vanemad mängijad veidi rohkem ebaõnnestunud ja täpsed lööke, samas lööke eeskäe kasti tegid nad mõnevõrra vähem kui nooremad mängijad.

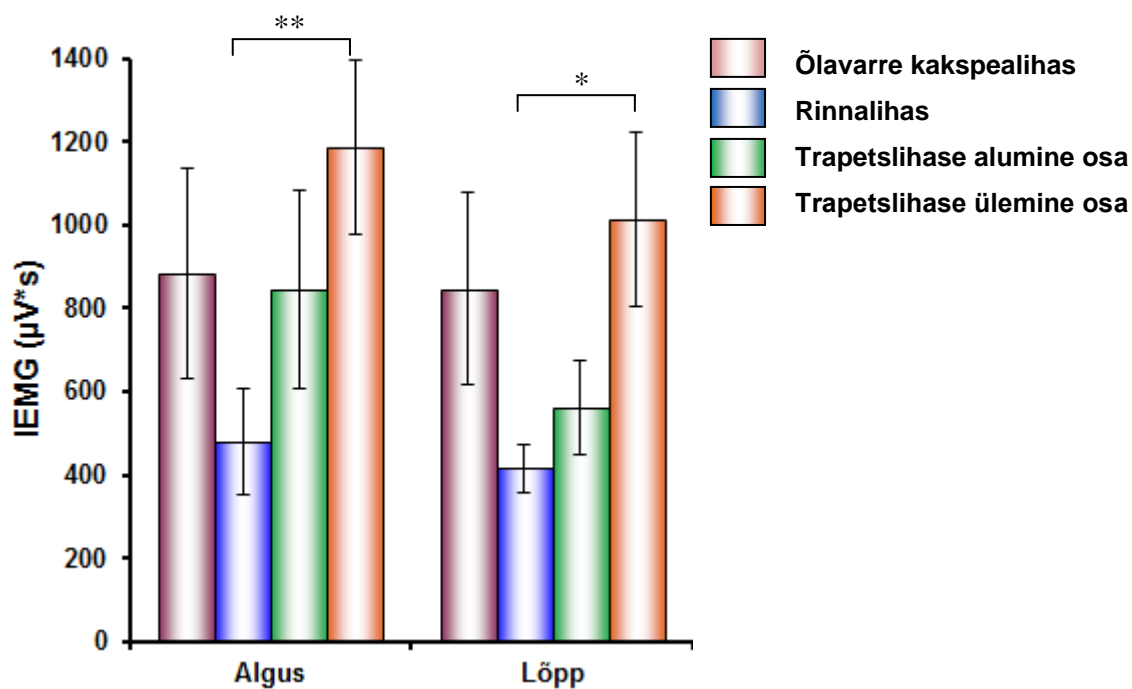


Joonis 24. Lauatennise testide tulemused mõlemal vanusegrupil aeglases ja kiires testis (keskmine \pm SE). * $p < 0,05$

4.5. Elektromüograafilised uuringud

EMG tulemuste analüüsimisel koostati integreeritud elektromüograafia (IEMG). Vaatluse alla võeti lauatennise testi alguses ja lõpus mängitud pallide puhul lihaste võnkesagedused.

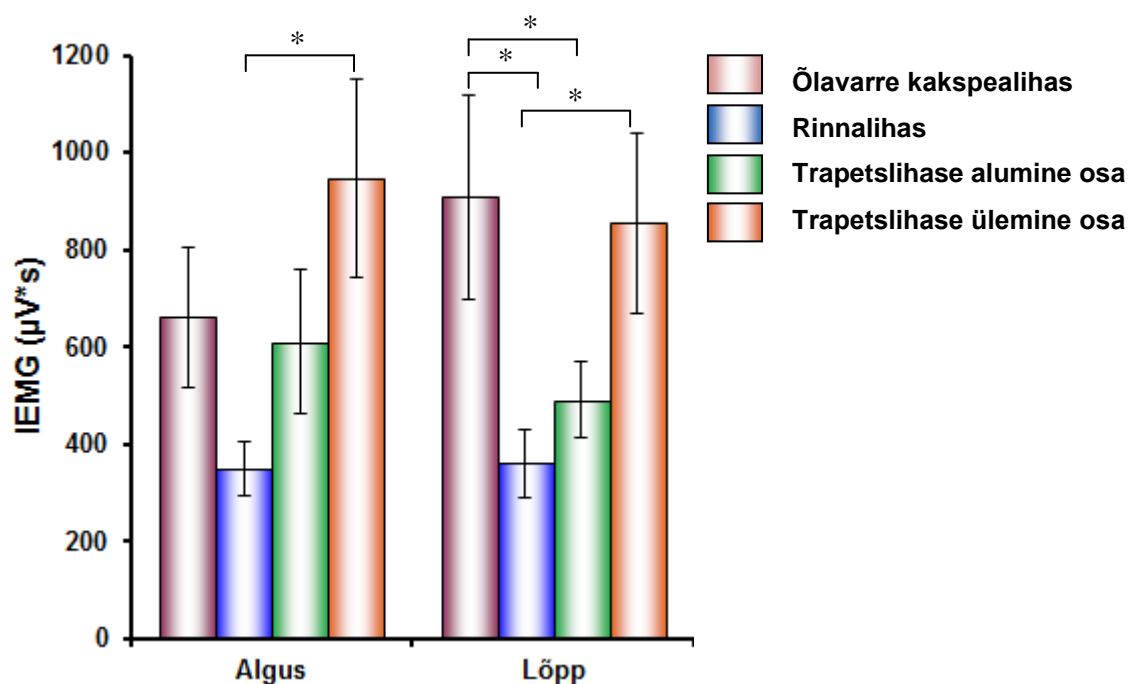
Võrreldes IEMGd vanematel mängijatel aeglases testis (Joonis 25.) selgus, et lihaste vahel statistilist olulist muutust testi lõpus võrreldes testi algusega ei esinenud. Samas esines tendents trapetslihase alumise ja ülemise osa IEMG languse suunas. Kui aga võrrelda lihaseid omavahel, siis nähtus oluline erinevus rinnalihase ja trapetslihase ülemise osa vahel aeglase testi alguses ja lõpus.



Joonis 25. IEMG vanematel mängijatel aeglase testi alguses ja lõpus (keskmine \pm SE).

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Joonis 26. näitab, et vanematel mängijatel kiire testis statistilist olulist muutust testi lõpus võrreldes algusega ei esinenud. Statistiliselt oluline erinevus leiti testi alguses rinnalihas ja trapetslihas ülemise osa vahel. Testi lõpus oli oluline erinevus ölavarre kakspealihas ja rinnalihas ning trapetslihas alumise osa, trapetslihas ülemise osa ja rinnalihas vahel.

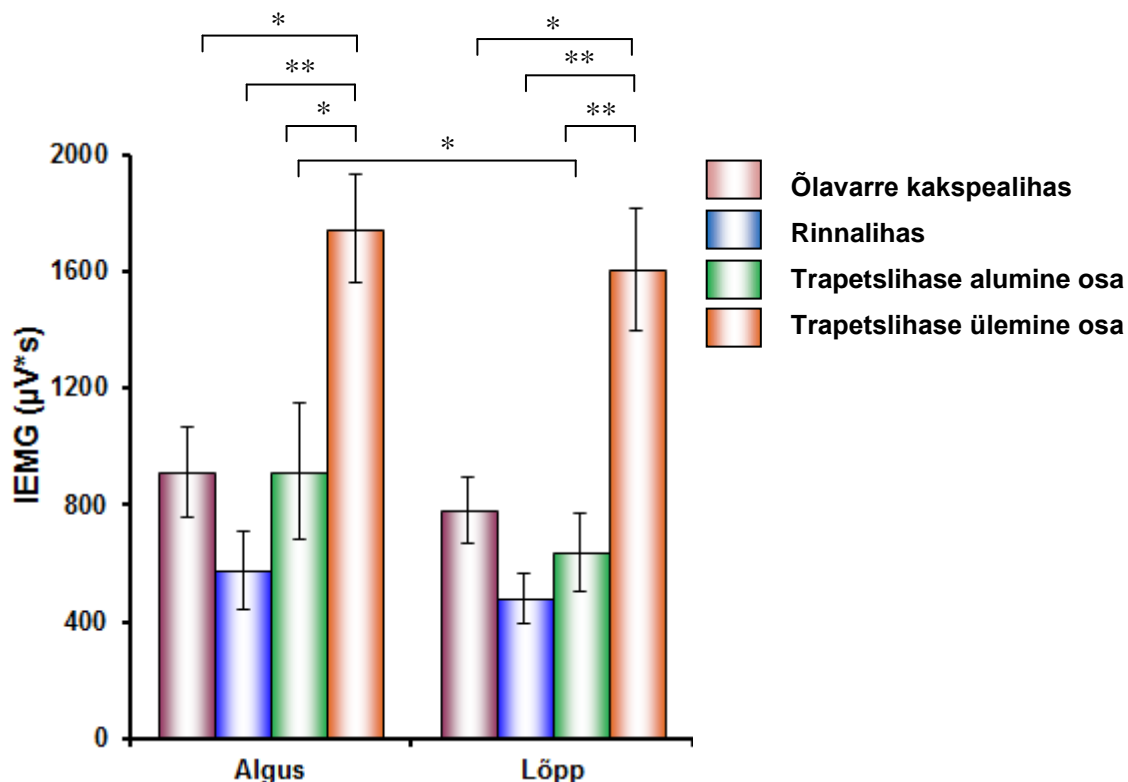


Joonis 26. IEMG vanematel mängijatel kiire testi alguses ja lõpus (keskmine \pm SE).

* $p < 0,05$

Vanematel mängijatel kiire ja aeglase testi IEMG võrdluses (vt. Joonised 25. ja 26.) statistilist olulist erinevust ei leitud. Samas esines tendents, et aeglases testis olid kõikide vaatluse alla võetud lihasgruppide puhul IEMG tulemused suuremad kui kiires testis.

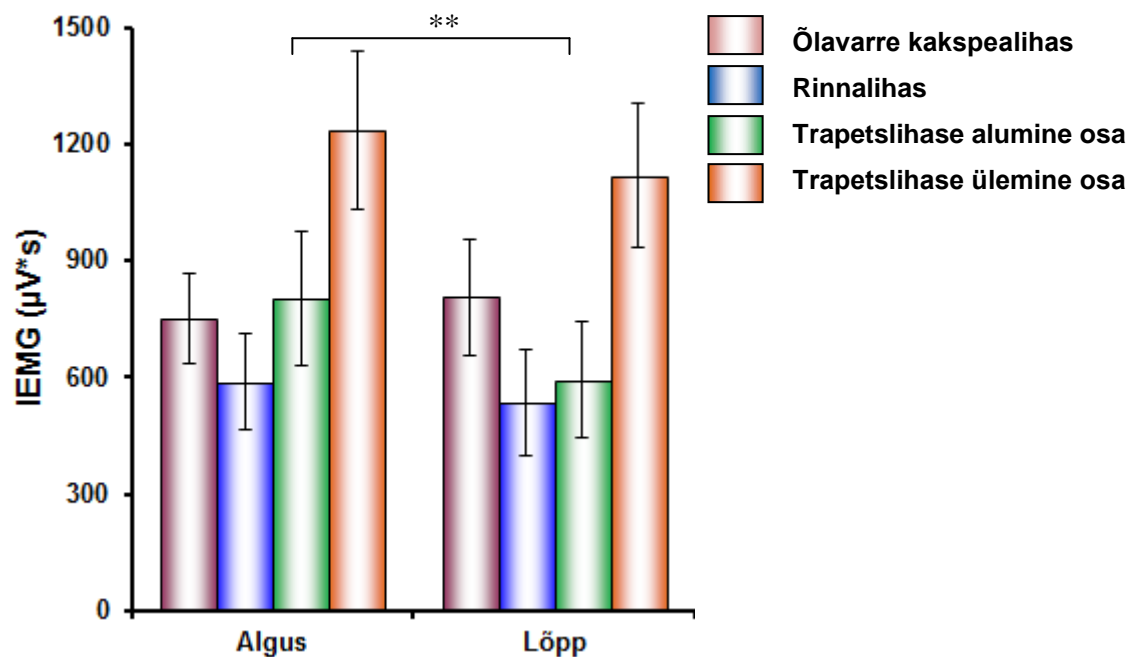
Võrreldes IEMGd noorematel mängijatel aeglases testis (Joonis 27.) selgus, et statistiliselt oluline langus esines alguses ja lõpus trapetslihase alumises osas. Kui võrrelda lihaseid omavahel, siis nii testi alguses kui ka testi lõpus nähtus statistiliselt oluline erinevus trapetslihase ülemise osa ja kõikide teiste uuritavate lihaste vahel.



Joonis 27. IEMG noorematel mängijatel aeglase testi alguses ja lõpus (keskmine \pm SE).
* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Kahe vanusegrupi aeglase testi IEMG näitajate võrdluses statistiliselt olulisi erinevusi ei esinenud. Kuid kui võrrelda vanemate ja nooremate mängijate aeglase testi tulemusi (vt. Joonised 25. ja 27.), siis on märgata tendentsi, et nooremate mängijate IEMG väärtused trapetslihase ülemise osas olid suuremad kui vanematel.

Jooniselt 28. nähtub, et statistiliselt oluline langus noorematel mängijatel esines kiires testis trapetslihase alumises osas võrdluses testi alguse ja lõpuga. Teiste lihaste omavahelisel võrdlemisel olulisi erinevusi ei täheldatud. Samas on märgata tendentsi trapetslihase ülemise osa statistilisele erinevusele võrreldes teiste lihasgruppidega.



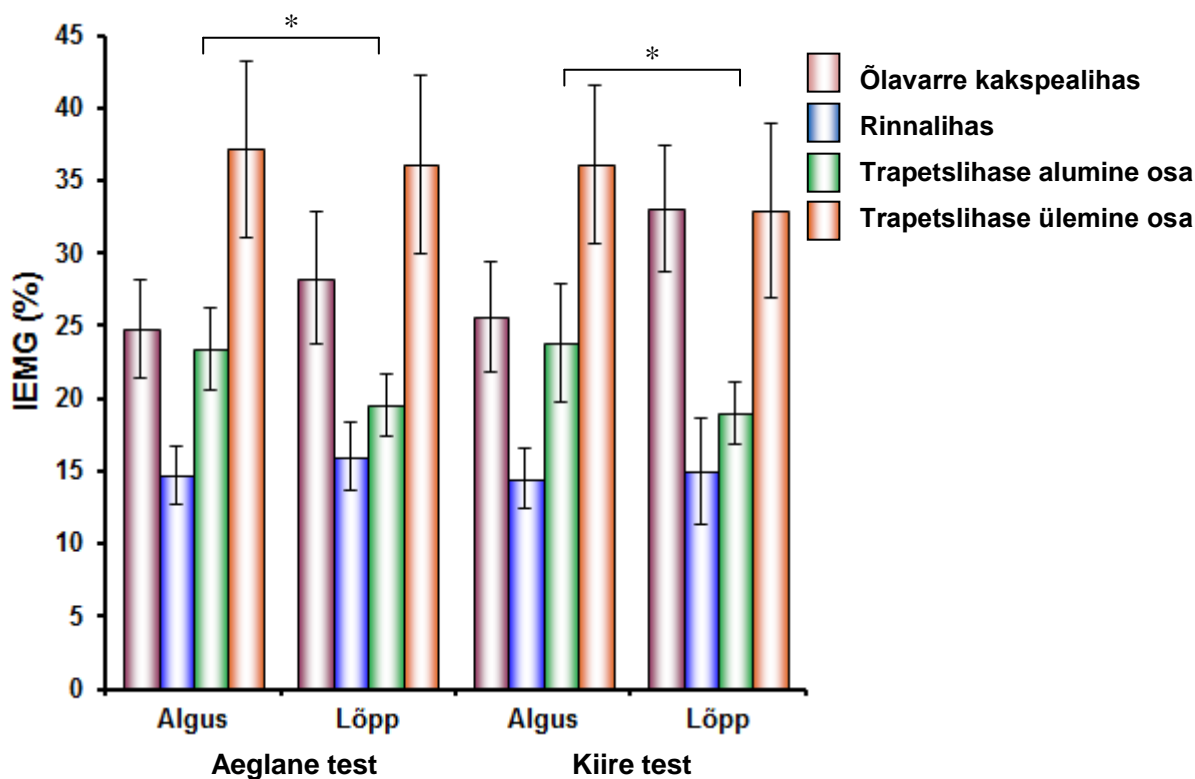
Joonis 28. IEMG noorematel mängijatel kiire testi alguses ja lõpus (keskmine \pm SE).
 ** $p < 0,01$.

Noorematel lauatennise mängijatel kiire ja aeglase testi IEMG võrdluses (vt. Joonised 27. ja 28.) statistilist olulist erinevust ei leitud. Kuid esines tendents statistiliselt olulisele muutusele trapetslihas ülemises osas aeglases ja kiires testis. Samuti oli märgata seda, et noorema grupi aeglases testis olid rinnalihas ja trapetslihas alumise osa IEMG tulemused suuremad kui kiires testis.

Kahe vanusegrupi kiire testi IEMG näitajate võrdluses statistiliselt olulisi erinevusi ei esinenud. Samas kui võrrelda vanemate ja nooremate mängijate kiire testi tulemusi (vt. Joonised 26. ja 28.), siis on märgata tendentsi, et nooremate mängijate IEMG väärtused rinnalihas ja trapetslihas ülemise osas olid suuremad kui vanematel mängijatel.

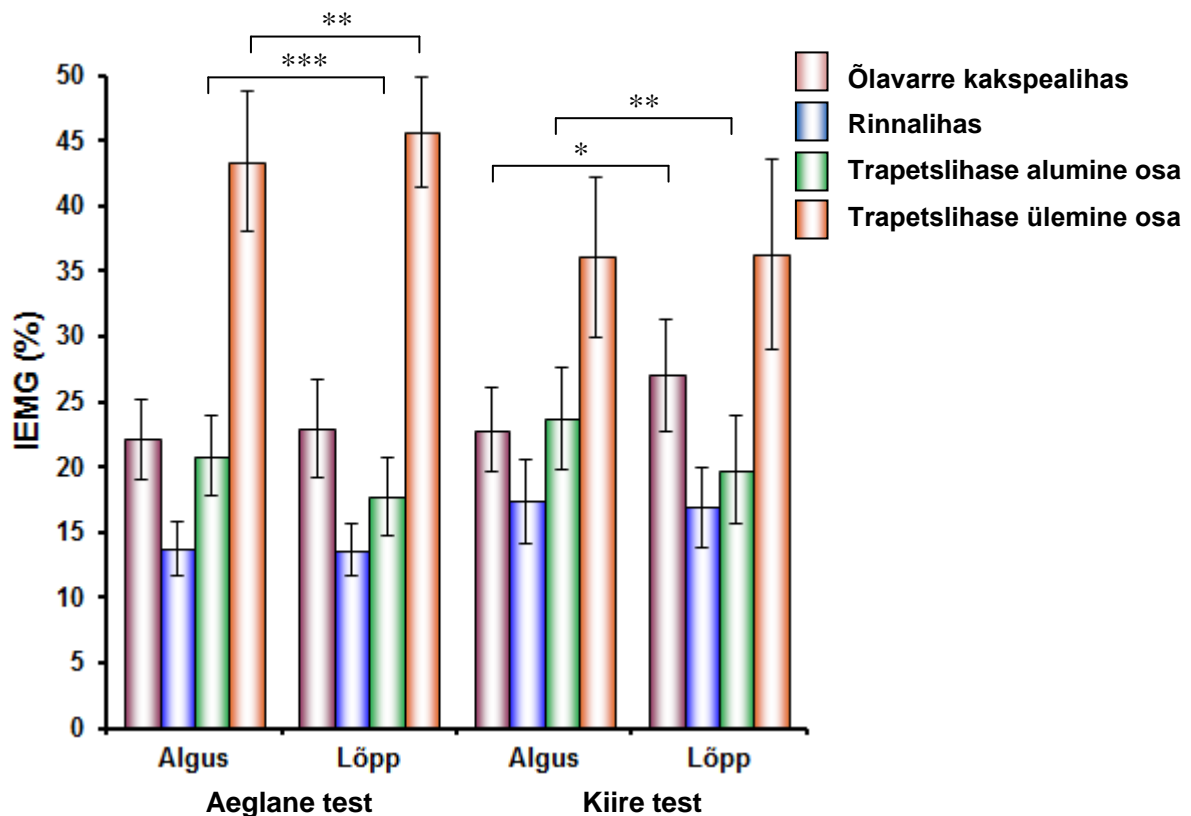
Lisaks IEMG uuringutele uuriti lihaste protsentuaalset suhet töö ajal. Jooniselt 29. selgub, et vanematel mängijatel oli statistiliselt oluline langus testi alguse ja lõpu vahel trapetslihas alumises osas. See muutus tuli esile nii aeglase kui kiire testi puhul. Statistiliselt olulisi erinevusi kiire ja aeglase testi vahel ei leitud. Jooniselt on märgata tendentsi trapetslihas ülemise osa statistiliselt olulisele langusele kiires testis ning ölavarre kakspealihase tõusule nii aeglases kui ka kiires testis. Kui vaadelda teiste lihaste reaktsiooni pingutusele, siis mõlema testi algusjärgus oli rohkem töösse kaasatud

trapetslihas alumine osa, kuid testi lõpus võttis suurema rolli õlavarre kakspealihase, kompenseerides sellega trapetslihas vääsimust. Rinnalihas ja trapetslihas ülemise osa aktiivsused olid võrreldes alguse ja lõpuga vanematel mängijatel suhteliselt muutumatud.



Joonis 29. IEMG protsentuaalne jaotuvus vanematel mängijatel aeglases ja kiires testis (keskmine \pm SE). * $p < 0,05$

Joonis 30. näitab, et noorematel mängijatel esines statistiliselt oluline tõus aeglase testi alguse ja lõpu vahel trapetslihas ülemises osas ja kiire testi puhul õlavarre kakspealihases. Aeglases ja kiires testis oli oluline langus trapetslihas alumises osas. Statistiliselt olulisi erinevusi kiire ja aeglase testi vahel ei täheldatud. Kui vaadelda nende lihaste reaktsiooni pingutusele, siis aeglases testis oli oluline roll trapetslihas ülemisel osal, mille aktivatsioon oli suurim nii alguses kui lõpus. Nagu vanematel mängijatelgi oli noorematel kiire testi puhul märgata, et õlavarre kakspealihase võttis trapetslihas alumise osa rolli üle suuremal määral ning trapetslihas ülemise osa ülekaal polnud nii suur võrreldes teiste lihastega.

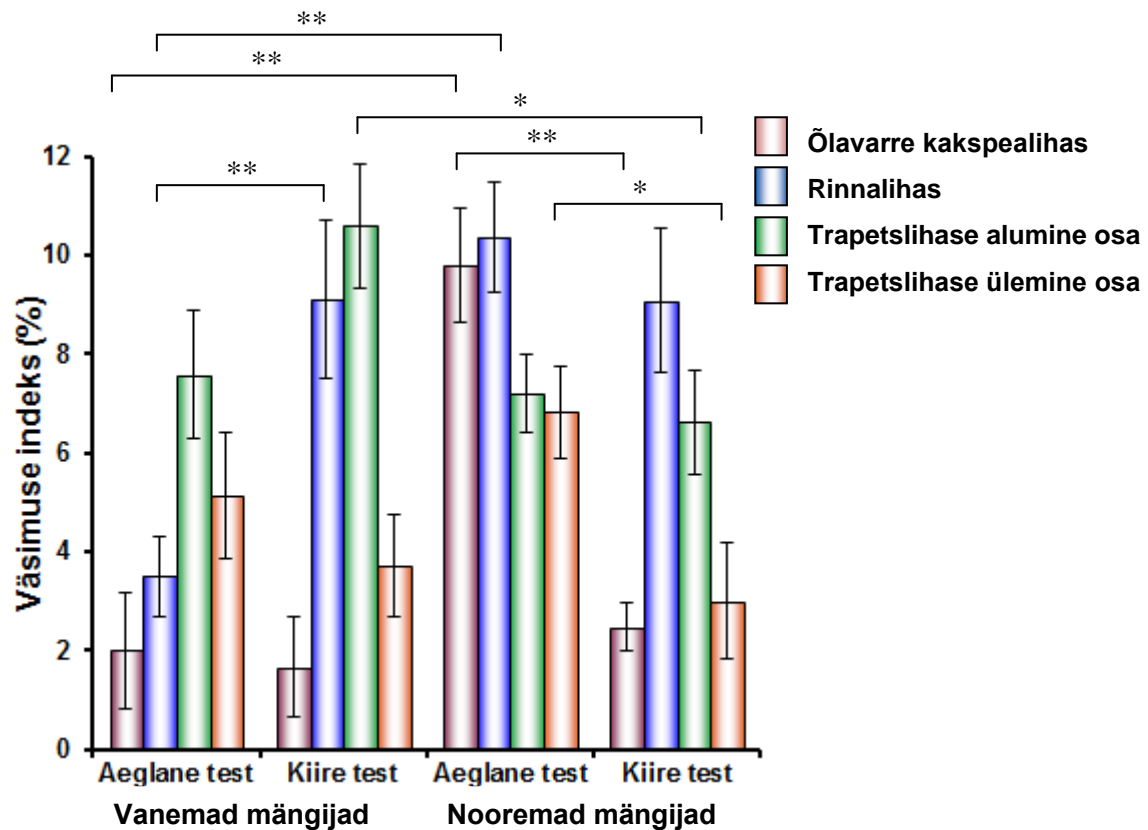


Joonis 30. IEMG protsentuaalne jaotuvus noorematel mängijatel aeglates ja kiires testis (keskmine \pm SE). * $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$

Kui võrrelda vanemate ja nooremate mängijate IEMG protsentuaalse jaotuvuse tulemusi (vt. Joonised 29. ja 30.), siis statistiliselt olulist erinevust ei leitud. Samas on märgata, et vanematel mängijatel oli nii aeglase kui kiire testi puhul õlavarre kakspealihase näitajad suuremad. Kuid noorematel olid aeglates testis trapetslihase ülemise osa ja kiires testis rinnalihas väärtused suuremad kui vanematel mängijatel.

Samuti arvutati nelja vaatluse alla võetud lihaste väsimuse indeks. Tulemused on esitatud Joonisel 31. Statistiliselt oluline väsimuse indeksi tõus esines vanematel mängijatel aeglase ja kiire testi võrdluses rinnalihases. Lisaks on jooniselt näha, et vanematel mängijatel suurenes väsimuse indeks trapetslihase alumises osas, kuid vähenes õlavarre kakspealihases ja trapetslihase ülemises osas. Noorematel mängijatel täheldati statistiliselt oluline langus aeglase ja kiire testi võrdluses õlavarre kakspealihases ja trapetslihase ülemises osas. Väsimuse indeks langes ka rinnalihases ja trapetslihase alumises osas, aga statistiliselt olulist muutust nende lihaste puhul ei täheldatud.

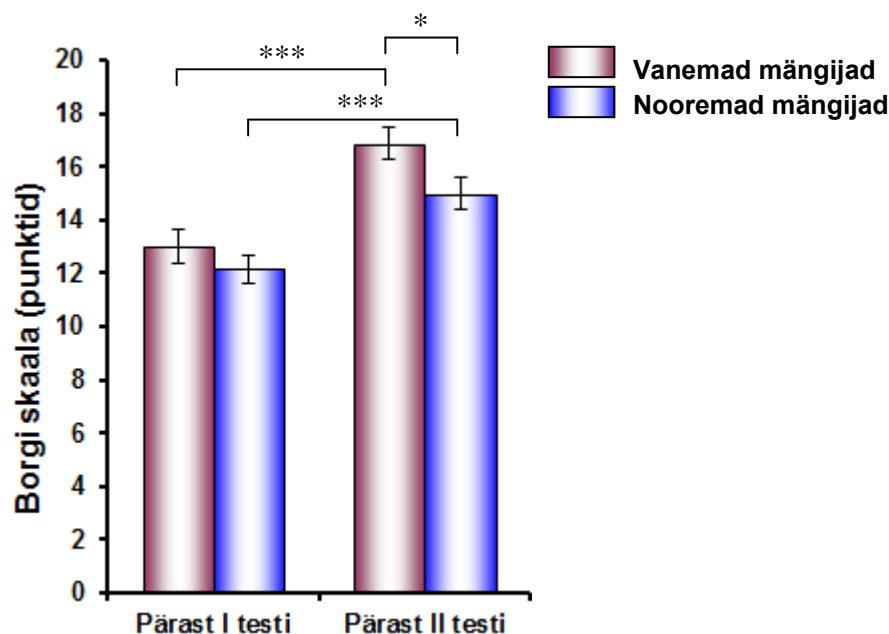
Lisaks esines statistiliselt oluline erinevus vaatlusaluste gruppide vahel aeglases testis õlavarre kakspealihases ja rinnalihases. Jooniselt on näha, et aeglases testis olid noorematel mängijatel väsimuse indeksi näitajad suuremad kõikide lihasgruppide puhul. Vanemate ja nooremate mängijate kiire testi võrdluses täheldati statistiliselt oluline erinevus trapetslihase alumises osas. See oli ainuke lihas, mille väsimuse indeksi väärtus oli vanematel mängijatel suurem kiires testis, teiste lihaste näitajad olid noorematel lauatenististidel suuremad.



Joonis 31. Väsimuse indeksi näitajad vanematel ja noorematel mängijatel aeglases ja kiires testis (keskmine \pm SE). * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

4.6. Pingutuse aste

Pingutuse astme määramises esines statistiline oluline muutus nii vanematel kui noorematel mängijatel pärast mõlema lauatenistise testi sooritamist. Lisaks nähtus oluline erinevus vanemate ja nooremate mängijate võrdluses pärast teist lauatenistise testi. Tulemused on esitatud Joonisel 32. Selgus, et pingutuse astme hinnang pärast teist lauatenistise testi oli mõlemal vaatlusaluste grupil tõusnud.



Joonis 32. Pingutuse astme hindamine vanematel ja noorematel mängijatel pärast lauatenise teste (keskmine \pm SE). * $p < 0,05$ *** $p < 0,001$.

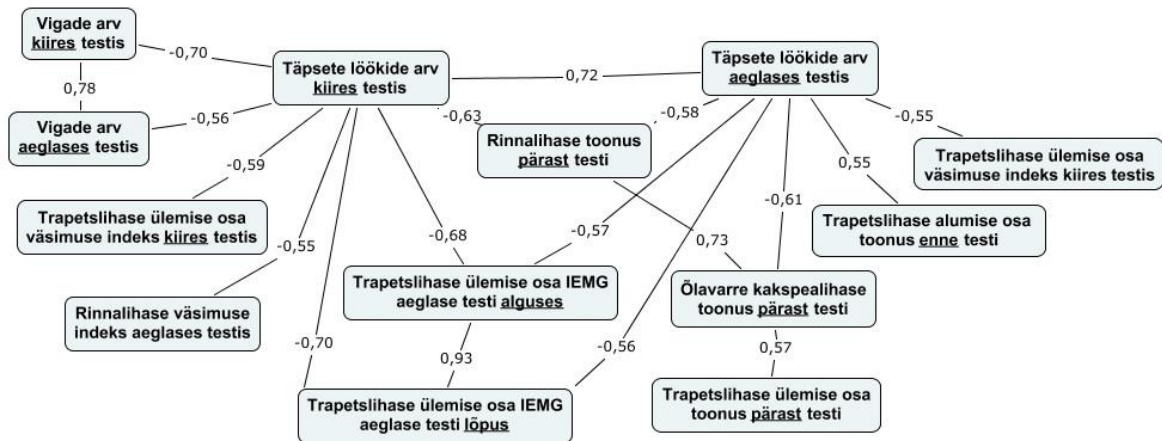
4.7. Korrelatiivsed seosed

Läbiviidud uuringute ja saadud andmete baasil analüüsiti mängijate lauatenise testide ning elektromüograafiliste ja müomeetriliste uuringute vahelisi korrelatiivseid seoseid, mida aitab paremini mõista Joonis 33.

Joonis 33. näitab seoseid lauatenise testide ning müomeetriliste ja elektromüograafiliste uuringute tulemuste vahel. Täpsete löökide arvul kiires testis oli negatiivne korrelatiivne seos trapetslihase ülemise osa väsimuse indeksiga kiires testis ($r = -0,59$), rinnalihase väsimuse indeksiga aeglases testis ($r = -0,55$), trapetslihase ülemise osa IEMG-ga aeglase testi alguses ($r = -0,68$) ja lõpus ($r = -0,70$) ning rinnalihase toonusega pärast lauatenise teste ($r = -0,63$).

Täpsete löökide arvul kiires testis oli korrelatiivne seos täpsete löökide arvuga aeglases testis ($r = 0,72$). Viimati nimetatul oli negatiivne korrelatiivne seos trapetslihase ülemise osa väsimuse indeksiga ($r = -0,55$). Samuti oli täpsete löökide arvul aeglases testis negatiivne seos trapetslihase ülemise osa IEMG-ga aeglase testi alguses ($r = -0,57$) ja lõpus ($r = -0,56$), rinnalihase toonusega pärast testi ($r = -0,58$) ja õlavarre kakspealihase toonusega pärast lauatenise testi ($r = -0,61$). Positiivne seos esines trapetslihase alumise osa toonusega enne lauatenise testi ($r = 0,55$).

Trapetslihase ülemise osa IEMG aeglase testi alguses oli tugevalt seotud sama lihase näitajatega testi lõpus ($r=0,93$). Rinnalihase toonusel pärast testi oli statistiliselt oluline positiivne seos õlavarre kakspealihase toonusega pärast testi ($r=0,73$), viimasel oli seos trapetslihase ülemise osa toonusega pärast lauatenmise teste ($r=0,57$).



Joonis 33. Lauatenmise testide korrelatiivsed seosed elektromüograafiliste ja müomeetriliste uuringute tulemustega ($|r_{XY}| \geq 0,55$).

5. Tulemuste arutelu

Käesoleva töö eesmärk oli uurida õlavarre kakspealihase, rinnalihase, trapetslihase ülemise ja alumise osa väsimust ja nende seost eeskäe topspinni sooritamisel. Läbiviidud uuringu tulemustest selgus, et eeskäe löögi täpsusel oli korrelatiivne seos trapetslihase ülemise osa ja rinnalihase väsimuse indeksiga. Seevastu müomeetrilised ja elektromüograafilised uuringud näitasid, et suurima toonuse ja aktiveerumise languse tegi trapetslihase alumine osa. Erinevalt eelpool kirjeldatud uuringutest võib öelda, et kaks minutit ei ole noore lauatennisisti jaoks piisavalt väsitav mänguaeg selleks, et tekiks oluline võimekuse ja täpsuse langus.

Elektromüograafilised uuringud näitasid, et vanematel mängijatel lihaste IEMG testimisel statistiliselt olulisi muutusi ei esinenud. Noorematel mängijatel esines oluline langus võrdluses testi alguse ja lõpuga trapetslihase alumises osas ning seda täheldati mõlema testi puhul. Teistes uuritud lihastes olulist väsimuse teket ei esinenud. Sellest tulenevalt saab järeldada, et kaks minutit ei ole noore lauatennisisti jaoks piisavalt kurnav aeg. Samas võib öelda, et lauatennise võistlussituatsioonis kestab ühe punkti mängimise pallivahetus üldjuhul lühemat aega. Samuti on selge, et tegemist oli dünaamilise tööga, mil lihastes toimub pidev verevarustus ja seetõttu ei ole väsimuse teke nii kiire. Kasai jt. (1994) viisid läbi sarnase uuringu, kus mängijad sooritasid lööke (sealhulgas eeskäe topspinni) kahe minuti jooksul. Meie tulemustele vastupidiselt leidsid autorid, et need harjutused, mis kestavad katkematult kaks minutit, on mängijatele väga kurnavad. Siinjuures on tähtis, et Kasai jt. (1994) uuringus ei olnud oluline sooritatud löökide täpsus nagu käesolevas uurimustöös. Meie läbiviidud uuringu vaatlusalused ei keskendunud ainult topspinni tugevale sooritusele, kuna olulisem oli löögi täpsus. See asjaolu avaldas kindlasti mõju löökide tugevusele ja seetõttu väsimuse teke ei olnud nii ulatuslik.

Elektromüograafiliste uuringute puhul määrati antud uuringus ka töökoormuse suhteline jaotuvus lihaste vahel nii testi alguses kui ka lõpus. Vanematel mängijatel esines statistiliselt oluline langus trapetslihase alumises osas. Testide algusjärgus oli rohkem kaasatud töösse trapetslihase alumine osa, kuid testide lõpus oli töökoormus suurem õlavarre kakspealihases, kompenseerides sellega trapetslihase väsimust. Noorematel mängijatel täheldati statistiliselt oluline lihasaktiivsuse tõus trapetslihase ülemise osas aeglases testis ja õlavarre kakspealihases kiires testis. Lisaks esines statistiliselt oluline langus trapetslihase alumises osas nii aeglase kui kiire testi puhul. Tsai jt. (2010) viisid läbi

uuringu seostades EMG näitajaid servide vastuvõtul eeskäe topspinniga. Nemad leidsid, et õlavarre kakspealihase aktiveeritus rohkem allapidi vindiga servide vastuvõtul võrreldes ülespidi vindiga servide puhul. Need tulemused näitavad, et sooritades erinevaid palli vastuvõtte või topspinne, aktiveeritakse ka erinevad lihased. Seega on edasised uuringud erinevate löökide, lihaste aktivatsiooni ja võimaliku väsimuse seisukohalt kindlasti olulised.

Väsimuse indeksi näitajate analüüsimisel selgus, et vanematel mängijatel esines statistiliselt oluline tõus rinnalihase väsimuse indeksis. Kuid noorematel lauatennisistidel esines statistiliselt oluline langus õlavarre kakspealihases ja trapetslihase ülemises osas. Kahe vanusegrupi võrdluses nähtus aeglases testis statistiliselt oluline erinevus õlavarre kakspealihases ja rinnalihases ning kiiremas testis trapetslihase alumises osas. Niisiis on lauatennisel väsimuse indeksi seisukohalt olulised kõik vaatluse alla võetud lihased.

Lauatennise testide tulemuste kohaselt esines vanematel mängijatel statistiliselt oluline tõus aeglase ja kiire testi võrdluses ebaõnnestunud löökide sooritamisel. Noorematel mängijatel esines oluline langus täpsetes löökides. Siinkohal on oluline märkida, et noormängijate sooritatud löökide täpsusprotsent oli suhteliselt madal, jäädes alla 30%. Antud uuringus kasutati täpsuse sektorina eeskäe kasti keskel A4 formaadis paberit, mis on oma olemuselt piisavalt suur piirkond lauatennise laual. Siiski saadud tulemustest oli näha, et Eesti noormängijate jaoks oli täpsuskast suhteliselt väike. Uuringus osalesid Eesti noored tippmängijad, mistõttu võib öelda, et treenerid peaksid rohkem tähelepanu pöörama löögi täpsuse treeningutele.

Müomeetristest uuringutest ilmnes, et lihastoonus langes uuringus osalenud mängijatel pärast kahe lauatennise testi sooritamist. Statistiliselt oluline langus esines mõlema vanusegrupi puhul trapetslihase alumises osas. Seega antud lihase tooniline pinge ja elastsusomadused langevad pärast lauatennise mängu.

Korrelatiivsetest seostest nähtus, et mida suurem oli trapetslihase ülemise osa ja rinnalihase väsimuse indeks, seda väiksem oli täpsete löökide arv kiires testis. Samuti selgus oluline seos, et mida suurem oli väsimuse indeks trapetslihase ülemises osas, seda väiksem oli täpsete löökide arv aeglases testis. Sellest järeldub, et trapetslihase ülemisel osal ja rinnalihal oli oluline mõju topspinnide sooritamisele ning nende lihaste väsimus avaldab mõju ka löökide täpsusele.

Käesoleva uurimistöö vaatlusalused olid jagatud kahte gruppi. Seda oli tehtud tulenevalt vanuse ja käe pigistusjõu tugevatest statistiliselt olulistest erinevustest. Kui võrrelda käe- ja silmade koordinatsiooni teste, siis seal statistiliselt olulist erinevust ei esinenud. Vaatlusalustel võttis selle testi teistkordne sooritamine mõnevõrra vähem aega, mida võib põhjendada testi äraõppimisega. Pingutuse astme määramises oli märgata statistiliselt olulist tõusu. Järelikult noorsportlased pingutasid kiirema kaheminutilise lauatenise testi puhul rohkem.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et uuringu tulemused tõid esile noorematel mängijatel statistiliselt olulise IEMG aktiivsuse languse trapetslihase alumises osas. Lihastoonus langes mõlemal vanusegrupil samuti trapetslihase alumises osas. Korrelatiivsetest seostest tulenes statistiliselt oluline negatiivne seos täpsete löökide ning trapetslihase ülemise osa ja rinnalihase väsimuse indeksi vahel. Statistiliselt olulised erinevused kahe vanusegrupi võrdluses esinesid käe pigistusjõu ja pingutuse astme tulemustes, mis täheldati pärast kahe lauatenise testi sooritamist.

Põhjus, miks antud uuringus ei esinenud ulatuslikumat lihasväsimust, võib olla lühikeses mänguajajas. Vaatamata sellele, et lauatenise mängus kestab üks pallivahetus lühemat aega kui kaks minutit (nagu käesolevas töös). Järgnevates uuringutes tasuks edasi uurida topspinni täpsuse seoseid ja lihaste reaktsiooni pikemale mänguajale. See annaks ülevaate lihaste aktiveerumisest pikemates pallivahetustes. Ühtlasi oleks huvitav uurida kesknärvisüsteemi väsimust. Seda selgitatakse psühhomotoorse tegevuse kaudu pärast aju väsitamist transkraniaalse magnetstimulatsiooni teel. Nii saaksid lauatenise mängijad ja treenerid täpsema ülevaate sportlastega seotud füsioloogilistest protsessidest ja psühhomotoorsest väsimusest. Need teadmised võimaldaksid paremini planeerida oma treeninguid efektiivse mängu tõstmiseks.

6. Järeldused

1. Noorematel mängijatel esineb statistiliselt oluline langus integreeritud elektromüograafia näitajates trapetslihase alumises osas nii kiires kui aeglases lauatenmise testis. Vanematel mängijatel statistiliselt olulisi muutusi ei esine.
2. Mõlemal vanusegrupil on löökide täpsusprotsent alla 30%. Vanematel mängijatel esineb statistiliselt oluline tõus ebaõnnestunud löökides ja noorematel mängijatel on oluline langus täpselt sooritatud löökides.
3. Mõlemal vanusegrupil langeb lihastoonus statistiliselt oluliselt trapetslihase alumises osas pärast lauatenmise teste.
4. Käte pigistusjõu tulemuste võrdluses esineb statistiliselt oluline erinevus vanema ja noorema vanusegrupi võrdluses.
5. Käte- ja silmade koordinatsiooni näitajate võrdluses enne ja pärast lauatenmise teste statistiliselt olulist muutust ei esine.
6. Uuritavate tajutud pingutuse tulemustes esineb statistiliselt oluline tõus pärast lauatenmise teste.
7. Täpsete löökide arv on olulises negatiivses korrelatiivses seoses trapetslihase ülemise osa ja rinnalihase väsimuse indeksiga.

7. Kasutatud kirjandus

1. **Bankosz Z.** The kinesthetic differentiation ability of table tennis players. *Human Movement* 2012; 13: 16-21.
2. **Borg G.** Borg's Perceived exertion and pain scales. *Human Kinetics*, Champaign IL; 1998.
3. **Carrasco L, Pradas F, Torre A, Rapun M, Martinez P.** Anthropometric profile of International young table tennis players. *International Journal of Table Tennis Sciences* 2012; 7: 30-31.
4. **Eesti Entsüklopeedia 5**, Tallinn Valgus; 1990.
5. **Iino Y, Kojima T.** Kinematics of table tennis topspin forehands: effects of performance level and ball spin. *Journal of Sport Sciences* 2009; 27: 1311-1321.
6. **Iino Y, Kojima T.** Kinetics of the upper limb during table tennis topspin forehands in advanced and intermediate players. *Sport Biomechanics* 2011; 10: 361-377.
7. **Jayabalakrishnan D, Achanta RK.** A study on quantizing high level table tennis for robot training in India. *International Journal of Table Tennis Sciences* 2013; 8: 5-9.
8. **Kasai J, Mori T.** A qualitative 3D analysis of forehand strokes in table tennis. In: Lees A, Maynard I, Hughes M, Reilly T. *Science and racket sports II*. London: E & FN Spon; 1998.
9. **Kasai J, Dal Monte A, Faccini P, Rossi D.** Oxygen consumption during practice and game in table tennis. *International Journal of Table Tennis Sciences* 1994; 2: 120-121.
10. **Kasai J, Akira O, Eung JT, Mori T.** Research on table tennis player's cardio-respiratory endurance. *International Journal of Table Tennis Sciences* 2010; 6: 6-8.
11. **Katsikadelis M, Pilianidis T, Misichroni A.** Comparison of Rally Time in XXIX Beijing (2008) and XXVIII Athens (2004) Olympic Table Tennis Tournaments. *International Journal of Table Tennis Sciences* 2010; 6: 190-194.

12. **Kondric M, Furjan-Mandic G, Kondric L, Gabaglio A.** Physiological demands and testing in table tennis. *International Journal of Table Tennis Sciences* 2010; 6: 165-170.
13. **Lapszo, J.** The speed of sequential movements in table tennis studied under simulated conditions with respect to range, body involvement and direction. *International Journal of Table Tennis Sciences* 2002; 4: 19-28.
14. **Lepp, A.** Inimese anatoomia. I osa. Liikumisaparaat, siseelundid. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus; 2013.
15. **Meier M, Meier S.** Treenerite tasemekoolitus. Lauatennis. Eesti Olümpiakomitee ja Eesti Lauatenniseliit; 2008.
16. **Rodrigues ST, Vickers JN, Williams AM.** Head, eye and arm coordination in table tennis. *Journal of Sport Sciences* 2002; 20: 187-200.
17. **Zagatto A, Papoti M, Gobatto C.** Anaerobic capacity may not be determined by critical power model in elite table tennis players. *Journal of Sports Science and Medicine* 2008a; 7: 54-59.
18. **Zagatto A, Papoti M, Gobatto C.** Validity of critical frequency test for measuring table tennis aerobic endurance through specific protocol. *Journal of Sports Science and Medicine* 2008b; 7: 461-466.
19. **Zhang HY, Ushiyama Y, Yang F, Iizuka S, Kamijima K.** Estimation of energy consumption from heart rates of Chinese professional table tennis players in training conditions. *International Journal of Table Tennis Sciences* 2010; 6: 139-144.
20. **Tang HP, Mizoguchi M, Toyoshima S.** Speed and spin characteristics of the 40 mm table tennis ball. *International Journal of Table Tennis Sciences* 2002; 5: 278-284.
21. **Tsai CL, Pan KM, Huang KS, Chang TJ, Hsueh YG, Wang LM, Chang SS.** The surface EMG activity of the upper limb muscles in table tennis forehand drives. *International Symposium on Biomechanics in Sports: Conference Proceedings Archive* 2010; 28: 1-4.

22. **Vain A.** Müomeetria. Skeletilihaste funktsionaalse seisundi biomehaaniline diagnostika. Tartu: Tartu Ülikool, füüsika-keemiateaduskond, biomeditsiinitehnika ja meditsiinifüüsika teadus-ja koolituskeskus; 2002.
23. **Weber K.** Reaktion und Adaptionen im Tennissport – eine sportmedizinische Analyse. Köln: DSHS; 1985.
24. **Yoshida K, Sugiyama K, Murakoshi S.** Differences between EMGs of forearm skeletal muscles for flick strokes against backspin and no-spin services in table tennis. International Journal of Table Tennis Sciences 2010; 6: 151-154.
25. **Yuza N, Sasaoka K, Nishioka N, Matsui Y, Yamanaka N, Ogimura I, Takashima N, Miyashita Y.** Game analysis of table tennis in top Japanese players of different playing styles. International Journal of Table Tennis Sciences 1992; 1: 79 - 89.

Summary

Relationships between the fatigue of neuromuscular apparatus and the accuracy of forehand topspin in young table tennis players

Julia Kirpu

The aim of this study was to identify relationships between the fatigue of four muscles (*trapezius* upper and lower part, *biceps brachii* and *pectoralis major*) and the performance of the forehand topspin up to 18 years boys.

Thirteen young table tennis players participated in this study. The subjects were divided into two groups according to their age and maximal handgrip strength results: 1) older – age 14-18 (7 players) and 2) younger players – age 11-13 (6 players).

Players performed baseline tests of eye-hand coordination, maximal handgrip strength and perceived exertion. Natural oscillation frequency and integrated EMG (IEMG) data of muscles *trapezius* upper and lower part, *biceps brachii* and *pectoralis major* were also measured. In addition players did two table tennis tests: 1) slower with 90 balls/minute and 2) faster with 120 balls/minute. The length of each test was two minutes: Players performed forehand topspin into the sector of accuracy.

The major findings of the present study were the following:

1. Younger players showed significantly smaller scores in IEMG of *trapezius* lower part in both table tennis tests. No significant differences in IEMG of older players.
2. Both groups showed low percentage of accuracy – fewer than 30%.
3. Both groups showed significantly lower scores in muscle tone in *trapezius* lower part after two table tennis tests.
4. Older players showed significantly higher scores in grip strength compared with younger players.
5. No significant differences in eye-hand coordination test were revealed between older and younger players.
6. Players showed significantly higher scores in perceived exertion after two table tennis tests.
7. *Trapezius* upper part and *pectoralis major* showed negative significant correlation with accurate topspins.

**Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja
lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, **Julia Kirpu** (08.01.1990),

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose:

**Närvi-lihasaparaadi väsimuse ja eeskäe topspinni täpsuse seosed lauatenise
noormängijatel,**

mille juhendajad on Jaan Ereline ja Jarek Mäestu,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil,
sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse
tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas
digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 15.05.2014